

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**

**GRAZIELY AMEIXA SIQUEIRA DOS SANTOS**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DO CONCEITO DE ONDAS**

**VITÓRIA  
2015**

**GRAZIELY AMEIXA SIQUEIRA DOS SANTOS**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DO CONCEITO DE ONDAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de  
Física, da Universidade Federal do Espírito  
Santo, como parte dos requisitos para a  
obtenção do título de Mestre Profissional  
em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Thieberson Gomes

VITÓRIA  
2015

**GRAZIELY AMEIXA SIQUEIRA DOS SANTOS**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO DO CONCEITO DE ONDAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre Profissional em Ensino de Física.

Aprovada em \_\_\_\_\_ de fevereiro de 2015.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Thieberson Gomes**

Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador

---

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Mirian do Amaral Jonis da Silva**

Universidade Federal do Espírito Santo

---

**Prof. Dr. Rony Freitas**

Instituto Federal de Educação

Dedico este trabalho ao Eduardo, meu filho, meu anjo azul.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me amparar sempre, enviando anjos na terra para me fortalecer a fé, me fazer acreditar em mim e me colocar no caminho toda vez que minha visão se turva.

A minha avó Solange, que fazia da cozinha a sala de aula da minha infância e exigia a tabuada na “ponta da língua” enquanto cozinhava, primeira incentivadora à paixão pelas exatas.

Ao meu avô Ográcio, que foi pai e me deu abrigo e sustento da infância à juventude.

A minha mãe, que foi mãe e pai, que se sacrificou para me manter na escola particular quando papai faleceu e que cuidou do meu filho “mudando-se” para minha casa para que a realização desse mestrado.

A minha tia Fabiola, que contribuiu à minha educação, formal e informal, me incentivando, me apoiando incondicionalmente e que nos cafés e almoços de domingo, falando de assuntos quaisquer me reestruturava pela fé em mim.

Ao meu tio Rodolfo, pelo apoio moral, pelo café para mais de duas pessoas, pelas pipocas, churrascos e caronas quando eu cursava o ensino médio.

Ao meu tio Cláudio que me ouvia falando de sonhos de criança (e falando muito) enquanto caminhávamos, eu para escola e ele para o trabalho, sem me desacreditar, mesmo com a visão de realidade de um adulto, ao contrário dizia que eu tinha que estudar. Ao meu tio que foi pai, médico e amigo, companheiro de minha adolescência e juventude, referência de alegria e de vida, alguém que era proibido envelhecer, que perdeu a vida mesmo com “toda a vida”, a ele com toda saudade e todo amor que se possa sentir.

A minha tia Mariângela, que me acolhia nos finais de semana, cuidava da minha aparência, com seu bom gosto e com a minha falta de jeito para coisas de mulher, a ela que me ouvia e ouve, silenciosa, resolvida e correta, pessoa que admiro tanto pela garra, seriedade e incapacidade de reclamar.

Ao meu esposo, quem realmente convive comigo, quem realmente sabe o quanto eu sou chata e mandona, quem realmente sabe o quanto eu fico tensa e irritada pela incapacidade de fazer tudo o que preciso, quem exercita a paciência (que não é seu

ponto forte), a ele, por ajudar com nosso filho, entender meus “estresses”, me apoiar sem questionar e entender minhas ausências.

Ao meu filho Eduardo, razão pela qual hoje existo e me levanto todas as manhãs sem reclamar, mesmo após poucas horas de sono, a ele que me ensina do “seu autismo”, do seu silêncio, da sua impossibilidade de dizer o que está sentido, a necessidade de paciência e de fé diante de um futuro tão incerto.

A minha amiga Márcia, a quem chamo de mãe branca, a ela pelo apoio, pelo “prumo”, pelos conselhos sábios e “socorros” de sempre. A ela, por ter colocado em minha vida Gabizinha, um anjinho silencioso, calmo e Nicky baby, maluquinha e divertida, minhas irmãs emprestadas que tanto amo.

A minha amiga Karol, pelos pães de queijo e todyinho na época de faculdade, pelo colo nas épocas mais tensas, pelas sábias palavras, por ter me equilibrado sem criticar por muitas vezes, por todo apoio e realidade que me passa em conversas e conselhos, a ela, a “bruxinha” que adivinha que minha cabeça não está muito bem, mesmo quando eu digo que tudo está ok.

A Desi, por sempre me levar à reflexão e por ter contribuído tanto para que eu me tornasse essa pessoa que não se acomoda, que não aceita tudo, a ela, por todas as respostas que aprendi a dar e pela consciência que tenho hoje

A minha prima Gisele, minha primeira aluna de alfabetização, a irmã que gostaria de ter tido e convivido, mas que a vida afastou sem que tivéssemos opção;

A minha prima Jéssica, a delicada como um rinoceronte e quem, tão novinha, foi exemplo de força e determinação diante à adversidade, a ela, esforçada e incapaz de reclamar, apesar de tanta saudade de titio, a ela, minha futura advogada, minha prima linda, tão linda que vovó só a chama de Grazy;

A Amanda, neném de madrinha, excesso de perfeccionismo nos estudos, minha companheira dos shows do Moxuara, futura arquiteta e violinista, minha aluna que confundia alfandega com almondega, após quatro horas seguidas de estudos aos oito anos, mas que me exigia até dez horas seguidas de aulas no ensino médio;

Ao meu primo Gustavo, neném que me acordava após noites de estudos com pulos e beijos, por quem eu juntava o dinheiro de merenda e que hoje se tornou um homem lindo;

Ao meu primo Henrique, corajoso, radical, meu menino tão carinhoso, meu polvo, pegajoso como eu;

Aos primos Guilherme, Júlia e Juliana, primos que foram um pouco de filhos.

Ao meu irmão, pessoa tão inteligente, tão brilhante mas que precisa ser curado de corpo e alma em todos os seus vícios.

Ao meu orientador e amigo Thieberson, quem incentivou a realizar esse mestrado, a ele que é exemplo de devoção como pai e esposo.

Aos professores do PPGEnFis, em especial a amiga e professora Mirian Jonis, cujas aulas eram constantes “tocar na alma” e cujas palavras transmitem paz e segurança, a ela, pela sua paciência, incentivo, bondade, otimismo e fé.

Ao professor Geide, o mais gatinho e cujas aulas trouxeram muitas contribuições a este trabalho, mas que acima disso me fizeram revisitar muitas vezes as minhas práticas enquanto profissional e pessoa.

Ao coordenador do PPGEnFis, professor Laércio, pela oportunidade, confiança e contribuição.

Aos meus amigos de mestrado, Rosa, Thiago, Ju, Whorton, Diego e Rafa, pessoas que me deram o prazer da companhia e que participaram do meu processo formativo através de discussões em sala, cantina, RU, churrasco, shopping ou qualquer outro espaço formal e não formal.

Aos meus amigos e professores Alexandre e Pedro, pelo apoio incondicional e por me incentivarem e acreditarem até mesmo quando eu não achava possível, sempre com carinho e solicitude.

A pedagoga Elis, que assumiu tantas vezes minhas funções de diretora para que eu pudesse estudar.

As minhas amigas mães especiais, principalmente Aretuza Sabino, tia Tuzas e Taiana, a paraguaia, com as quais eu descobri sentido em ter um filho especial e agradecer por isso.

Aos alunos e amigos da Escola Marinete, que possibilitaram essa pesquisa.

Aos meus amigos diretores, em especial ao meu amigo diretor Rurdiney, quem dividiu minhas angustias em muitos momentos, me animou. A ele, estudante de mestrado do IFES e quem sabe da dificuldade em conciliar direção, família e estudo.

Agradeço por fim a todos aqueles que estiveram sempre ao meu lado, principalmente neste ano de 2014, ano de tantas provas e dor, dando palpites, compreendendo minhas ausências e acreditando que seria possível conciliar esse mestrado com cinquenta horas de trabalho semanais, uma direção e um filho especial.



## RESUMO

As pesquisas voltadas ao ensino de física e, em particular, às situações de sala de aula têm demonstrado a necessidade do professor de aprofundar seus conhecimentos teóricos e práticos a fim de ampliar contextos e possibilidades de aprendizagem significativa. Para tanto, deve assumir o papel mediador, como protagonista em um processo que leve em consideração o contexto cultural dos sujeitos envolvidos. Nessa perspectiva, este estudo narra a experiência de implementação de uma sequência didática, desenvolvida nos moldes de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), buscando propiciar a aprendizagem significativa do conceito de ondas mecânicas. O trabalho de pesquisa foi desenvolvido em uma escola estadual de ensino médio, tendo como referencial teórico a Aprendizagem Significativa de Ausubel e, em especial, os estudos de Moreira. Durante as análises outros referenciais foram utilizados para a interpretação dos indícios apontados pelos dados empíricos. A análise de dados se baseou em três eixos que nortearam o trabalho: a valorização do conhecimento prévio, a importância de proposição de situações-problema e a ênfase na apresentação do conteúdo de modo a promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa no contexto da matéria de ensino. Ao longo do desenvolvimento da UEPS foi possível constatar a coexistência de diversas ideias associadas ao conceito de onda, ressaltando o caráter complexo e dinâmico do processo de aprendizagem de conceitos científicos escolares.

**Palavras-chave:** Ensino de Física. Aprendizagem Significativa. Sequência Didática. Ondulatória.

## ABSTRACT

The researches around the physics ' teaching and , Specifically , around the classrooms ' situations Have Been Demonstrated the teacher 's need of deep in the theoretical and practical knowledge to amplify context and possibilities of Significant learning . In this way, it must assume the mediator role , the protagonist in the process that has in consideration the cultural context of the people Involved. Looking in this perspective, this study tells about the experience of implementation in a didactic sequence, developed in the features of a Teaching Unity Potentially Significant (TUPS), looking for propitiate the significant learning mechanic waves concept. The research work was developed in a public high school, and it has as a theoretical reference the Meaningful Learning of Ausubel and, specially, the Moreira studies. During the analysis referential others Were used to interpret the principles pointed by the empirical data . The analysis of the data was based on three axis that guided the work : the valorization of previous knowledge , the importance of 'the prepositions of the situations - problem and emphasis in the presentation subject in order to promote progressive differentiation and integrative reconciliation in the context of the teaching subject . During the development of TUPS was possible to realize the coexistence of many ideas associated with the wave concept, highlighting the dynamic and complex character of the learning process of scholar's scientific concepts.

**Key words:** Physic's Teaching. Significant Learning, Didactical Sequence. Wave.

## **LISTA DE SIGLAS**

AO – Objetos Virtuais de Aprendizagem

AS – Aprendizagem Significativa

CBC-ES – Currículo Básico Comum das Escolas Estaduais do Estado do Espírito Santo.

PCNs - Parâmetros Curriculares Nacionais

PhET – Physics Interactive Simulations

PPGEnFis - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física

SD – Sequência Didática

TAS – Teoria da Aprendizagem Significativa

UEPS – Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema Lógico de Aprendizagem – Fonte Moreira, 2008, p.29.

Figura 2 – Losango Didático de Méheut & Psillos – Fonte Giordan, Guimarães e Massi.

Figura 3 – Diagrama explicitando ideias relacionadas à ideia de onda (Aluno B01).

Figura 4 – Diagrama radial explicitando ideias relacionadas à ideia de onda (Aluno A29).

Figura 5 – Diagrama radial explicitando ideias relacionadas à ideia de onda (Aluno B12).

Figura 6 – Figura 5 – Diagrama radial explicitando ideias relacionadas à ideia de onda (Aluno A22).

Figura 7 – Resolução do exercício utilizando a equação do movimento uniforme com valor da distância sendo meio comprimento de onda - grupo composto pelos alunos A06, A16, A20 (letra do aluno A06).

Figura 8 – Resolução do exercício utilizando a distância como todo comprimento da onda, grupo composto por A03, A16, A18 (letra do aluno A18).

Figura 10 – Mapa conceitual construído pelo aluno A29.

Figura 11 – Mapa conceitual construído pelo aluno A17.

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>20</b>
2.1 A teoria de Aprendizagem Significativa nas perspectivas de Ausubel e Moreira	20
2.2 Organizadores prévios	24
2.3 Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica	25
2.4 Modelo Triádico de Gowin	29
2.5 Sequência didática	29
2.6 Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS)	34
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>35</b>
3.1 Cenário: o campo de estudo	35
3.2 Atores: os sujeitos da pesquisa	36
3.3 Os instrumentos de coletas de dados	37
3.4 A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o Ensino de Ondas Mecânicas	38
3.4.1 A elaboração da sequência didática	38
3.4.2 Definição do tópico específico a ser abordado	39
3.4.3 Aspectos sequenciais: os passos para a implementação da UEPS em sala de aula	41
3.5 Atividade de mobilização de conhecimentos prévios: "Chuva de ideias"	42
3.5.1 Proposição da situação problema	41
3.5.2 Apresentação do conteúdo promovendo a diferenciação progressiva e a reconciliação interativa	42
3.5.3 Avaliação da sequência didática	42
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>43</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>72</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>79</b>
<b>APÊNDICES</b>	<b>81</b>



## 1. INTRODUÇÃO

O problema de “ensinar física na América Latina” é apenas parte de um problema maior, que é o de “ensinar Física em qualquer lugar”, que aliás, está incluído num problema mais amplo, que é o de “ensinar qualquer coisa em qualquer lugar” e para o qual não é conhecida uma solução satisfatória.

Richard Feynman

Assumir um trabalho acadêmico escrito em primeira pessoa reflete, antes de mais nada, um compromisso assumido comigo mesma. O compromisso de me expor como autora e como protagonista de um processo formativo transformador. A opção pela escrita autobiográfica e pela estrutura narrativa justifica-se pelo fato de possibilitar contar uma história, da qual sou, ao mesmo tempo, autora e personagem.

Para Galvão (2005), uma narrativa pode constituir um poderoso caminho de investigação em educação com potencialidades que abrangem tanto o processo de investigação, como o de reflexão pedagógica e o de formação.

A narrativa como processo de investigação, permite-nos aderir ao pensamento experiencial do professor, ao significado que dá às suas experiências, à avaliação de processos e de modos de atuar, assim como permite aderir aos contextos vividos e em que se desenrolaram as ações, dando uma informação situada e avaliada do que se está a investigar. [...] A narrativa como processo de reflexão pedagógica permite ao professor, à medida que conta uma determinada situação, compreender causas e consequências da atuação, criar novas estratégias num processo de reflexão, investigação e nova reflexão. [...] A narrativa como processo de formação evidencia a relação investigação/formação, pondo em confronto saberes diferenciados, provenientes de modos de vida que refletem aprendizagens personalizadas (GALVÃO, 2005, p. 343).

Minha história como professora de Física iniciou-se em 2004, quando assumi aulas de Matemática em uma escola estadual e de reforço escolar, ainda como estagiária em uma escola particular, quando ainda cursava a licenciatura em Física, na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Todavia, desde os 15 anos trabalhava com aulas particulares de todas as disciplinas. Assumi o cargo de professora efetiva na rede pública estadual de ensino no ano de 2008, na mesma escola em que ocorreu a intervenção que resultou neste trabalho. Em 2010, também nesta escola participei de uma mostra cultural e o projeto desenvolvido culminou em um artigo apresentado em

2011, no Congresso Internacional da Rede de Popularização para o Ensino de Ciências da América Latina e Caribe (RED POP). Motivada pela produção desse artigo e também pelas conversas com meus pares neste congresso, surgiu o interesse pelo retorno aos estudos, especificamente no mestrado profissional. Tinha consciência de que a minha certificação no curso de Ensino Superior, embora me habilitasse para a docência, não era suficiente para levar-me a compreender plenamente os desafios da sala de aula. A possibilidade de qualificar-me por meio da pesquisa sem a necessidade de me distanciar da sala de aula tornou o mestrado profissional especialmente atraente para mim e bastante adequado aos meus interesses de desenvolvimento profissional. Ainda no ano de 2011, promovi e acompanhei a visita de 45 alunos à Mostra de Física da UFES, na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia e após o Show de Física, a curiosidade e a felicidade externada pelos alunos reforçou em mim a intenção de tornar a intitulada “terrível” Física uma disciplina mais agradável ou menos pesada. Assim, iniciei o curso do mestrado em março de 2012, período, contudo, em que já não lecionava mais na mesma escola. Na ocasião eu desejava contribuir na escola a partir de outro “lugar” e por isso decidi participar do processo seletivo para a direção, para a qual fui selecionada. Assumir a direção da escola trouxe muitas dificuldades para a realização deste trabalho.

Como diretora não era possível assumir, oficialmente, a sala de aula, por incorrer em acúmulo de cargo. Enquanto buscava possíveis alternativas metodológicas para a implementação de uma intervenção pedagógica numa sala de aula, visitava e revisitava a sequência didática, até que consegui que um dos colegas me cedesse suas turmas para a realização das aulas.

Assim, passemos agora aos aspectos intrínsecos da pesquisa. Primeiramente, os dados que apontam para a constatação de que existem muitos problemas que permeiam a educação dos jovens brasileiros indicam que o ensino de física está entre os principais problemas. Para muitos estudantes essa disciplina é tida como difícil, principalmente devido à abordagem matemática, além das aulas expositivas e monológicas.



Como bem pontuou Feynman (1950), a dificuldade de se ensinar física está em todo lugar, não sendo, portanto, um problema localizado apenas no Estado do Espírito Santo.

A fim de mensurar o desempenho de estudantes de suas redes de ensino, a Secretaria de Estado da Educação do Espírito Santo aplica periodicamente uma avaliação em larga escala para aferir o “desempenho dos estudantes em habilidades consideradas fundamentais para cada disciplina” (ESPÍRITO SANTO, 2014, p.09). Nas avaliações realizadas em 2013, do Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo (PAEBES), aplicadas em todas as escolas da rede estadual, a escala de proficiência, que “é uma forma de apresentar resultados com base em uma espécie de “régua” construída com critérios próprios” (ESPÍRITO SANTO, 2014, p.23) e vai de 0 a 500 apresentou resultados preocupantes. Na maioria das escolas municipais, bem como em algumas particulares, os resultados mostraram que as escolas atingiram proficiência média de 255,1 pontos (ESPÍRITO SANTO, 2014, p.110), o que corresponde a 52,8% de aproveitamento. A prova segue uma matriz referência que é “um recorte do currículo e apresenta as habilidades definidas para serem avaliadas” (ESPÍRITO SANTO, 2014, p.17). Tais habilidades são indicadas pelos descritores que “associam o conteúdo curricular a operações cognitivas indicando habilidades que serão avaliadas por meio de um item” (ESPÍRITO SANTO, 2014, p.18). Todos esses descritores do tema onde serão expostos na análise de dados.

É preciso ressaltar que muitos estudos sobre as avaliações educacionais em larga escala problematizam esses resultados, que não podem ser tomados como uma medida absoluta da aprendizagem ou do desempenho dos estudantes. As condições de aplicação dos testes, o formato das questões e muitos outros fatores sócio-educacionais devem ser levados em conta. Os testes padronizados não conseguem dar conta das inúmeras questões envolvidas nos processos educacionais. Por esta razão essas medidas, embora representem um importante parâmetro para a formulação e avaliação de políticas públicas, são insuficientes para traduzir as múltiplas dimensões do processo educativo que acontece em sala de aula.

Dada a autonomia de estados, municípios e escolas em elaborar seu próprio currículo com base nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), seguindo algumas

premissas, o estado do Espírito Santo (ES) elaborou seu Currículo Básico Comum (CBC) e com base nele, bem como nos descritores da matriz referência a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) abordou a temática ondas.

Diante desse resultado é preciso (re) criar e (re) inventar outras formas de ensinar e aprender. Dentre tantas abordagens das pesquisas aplicadas ao ensino, foi desenvolvida uma UEPS com a proposta de facilitar a ocorrência de uma aprendizagem mais significativa.

A ideia para esse projeto surgiu, portanto, da constatação desse quadro crítico em relação ao ensino de Física e, em especial, após a leitura de um artigo sobre uma UEPS, definida como uma Sequência Didática (SD) estruturada em etapas ou passos e que tem a intenção de facilitar a ocorrência da Aprendizagem Significativa (AS), na perspectiva construtivista de Ausubel (1978). Tendo como ponto de partida o conhecimento prévio do aluno e como princípio estruturante a apresentação do conteúdo de ensino a partir do conceito mais geral a fim de que ocorra a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. O principal autor de referência nesta abordagem teórico-metodológica é o Professor Marco Antônio Moreira, com o qual tive a oportunidade de realizar o curso de Teorias de Aprendizagem. Minha aproximação com o tema consolidou-se após cursar a disciplina de mesmo nome ministrada pelo professor Laercio Ferracioli no Mestrado Profissional em Ensino de Física. A presente dissertação de mestrado consistiu na aplicação de uma UEPS para o ensino do conceito de onda mecânica e foi aplicada de 15 de julho a 03 de setembro de 2014, em duas turmas do segundo ano do ensino médio de uma escola pública do Estado do Espírito Santo.

O projeto surge então como uma proposta de elaboração e implementação de uma sequência didática que pudesse propiciar a aprendizagem significativa do conceito de ondas mecânicas. Desta forma, eu esperava contribuir com sugestões metodológicas que tornassem o ensino e a aprendizagem deste componente curricular menos mecânico e mais relevante para os estudantes, levando em conta o contexto cultural em que se inseriam os sujeitos envolvidos. Não se quer com isso afirmar que o método de ensino por si só, por mais eficiente que seja, garanta a aprendizagem. O papel do professor como mediador precisa ser destacado e valorizado. Nesse sentido, a proposição de

sugestões metodológicas vem justamente ressaltar o protagonismo do professor na condução do processo de ensino e aprendizagem.

Este estudo teve como **objetivo geral** buscar indícios da ocorrência da aprendizagem significativa ao longo da implementação de uma UEPS para o ensino de ondas mecânicas. Este objetivo geral integra três **objetivos específicos**, quais sejam: a) ressaltar a importância da identificação e valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes, que servem de pontes para a ampliação e aprofundamento de novas ideias; b) destacar a relevância de uma abordagem problematizadora no ensino dos conceitos físicos, que promova o diálogo e as interações em sala de aula; c) identificar indícios da ocorrência da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, ressaltar o caráter dinâmico e processual da aprendizagem significativa, na qual os conceitos mais gerais diferenciam-se em conceitos mais específicos, que ganham novos significados, e voltam a integrar-se constituindo conceitos cada vez mais amplos e complexos. Assim, a estrutura do trabalho será apresentada da seguinte forma.

No capítulo 2 são apresentados os principais conceitos teóricos que norteiam as análises feitas no decorrer do estudo. Embora muitos outros autores tenham balizado as opções metodológicas e os posicionamentos assumidos, destaco neste capítulo, as considerações de Moreira (1983, 1999, 2000, 2006, 2008, 2011), no que concerne às aplicações didáticas das ideias de Ausubel.

No capítulo 3, são detalhados o cenário e os atores que constituíram o campo de estudo e os sujeitos da pesquisa no âmbito deste trabalho. Neste capítulo também são apresentados os vários instrumentos de coleta de dados, os pressupostos para a construção da SD, habilidades e tópicos da matéria a ser ensinada, além dos passos para a implementação das UEPS, passando pela mobilização do conhecimento prévio, proposição de situação problema até finalizar com o passo de apresentação do conteúdo promovendo a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Muitos foram os instrumentos de coleta de dados e por isso o volume a ser analisado era muito grande. Sendo assim, priorizei no capítulo 4, a análise dos resultados de algumas atividades, de acordo com os passos definidos na metodologia. O capítulo 5 traz as considerações finais, nas quais retomo os objetivos do trabalho,

incluindo uma reflexão pessoal acerca dos impactos da pesquisa para o meu desenvolvimento como professora/pesquisadora.

O produto final desse mestrado profissional é a UEPS, encontrada no Apêndice 1, que pode ser adaptado para levar em consideração o contexto do professor e seu aluno. É certo que não é conhecida nenhuma solução definitiva para se ensinar qualquer coisa e em qualquer lugar, todavia se o leitor se interessou por um trabalho como esse, significa que há alguma inquietação em relação à sua prática e o desejo de observar estratégias ou desenhar possíveis caminhos alternativos para o enfrentamento das situações educacionais que se configurem no seu contexto.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

As experiências que vivenciei, no transcorrer de toda minha trajetória formativa em Licenciatura em Física, bem como profissional, fizeram-me perceber que era preciso buscar um aporte teórico no qual fosse possível sustentar-me e colocar em perspectiva as questões decorrentes do universo docente. Todavia, sempre desejei estudar como esta acontecia e o que fazer para facilitá-la. Nesta linha, despertou-me muito interesse a Teoria de Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel, e mais especificamente as contribuições do Professor Marco Antonio Moreira sobre as aplicações didáticas desta teoria.

Ausubel, Novak e Hanesian (1978, p.13) explicam que, em geral, é a partir de uma teoria de aprendizagem que podemos desenvolver noções defensáveis de como os fatores decisivos na situação ensino-aprendizagem podem ser manipulados com maior eficácia.

### **2.1. A teoria de Aprendizagem Significativa nas perspectivas de Ausubel e Moreira**

Segundo Moreira (1999), para ensinar significativamente, um professor deve considerar duas situações. A primeira é como se dá o processo de aprendizagem na mente do estudante, que no caso pode ser de três tipos:

- **Cognitiva:** a aprendizagem resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende. Esta será abordada ao longo desta dissertação, pois propõe a explicação teórica do processo de aprendizagem baseada na cognição. Segundo Ausubel (Apud Moreira, 2011, p.160), aprendizagem significa organização e integração do material, ou conteúdo total de ideias, na estrutura cognitiva;
- **Afetiva:** a aprendizagem depende da identificação dos sinais internos do indivíduo, como dor e prazer, por exemplo;
- **Psicomotora:** a aprendizagem envolve respostas musculares através do treino e da prática.

Este trabalho visa a proposta de facilitação, por meio da aplicação de uma sequência didática desenvolvida, segundo orientações de Moreira (2011), por meio de uma UEPS.

Para Ausubel, Novak e Hanesian (1978, p. 34) a essência da AS, dá-se quando as ideias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal). Nas palavras de Moreira (2008, p.16), esta relação significa dizer que o novo conhecimento é adquirido, atribuído, por meio da interação com algum conhecimento prévio, especificamente relevante, existente na estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, para que ocorra a aprendizagem significativa, deve haver interação, pois é a partir dela que ambos conhecimentos se modificam: o novo passa a ter significados para o ser que aprende e o prévio adquire novos significados. Esta interação tem de ser não arbitrária e não literal. “É nesse sentido que Ausubel afirmou que se fosse possível isolar um único fator como o que mais influencia a aprendizagem, este seria o conhecimento prévio” (Moreira, 2008, p.21).

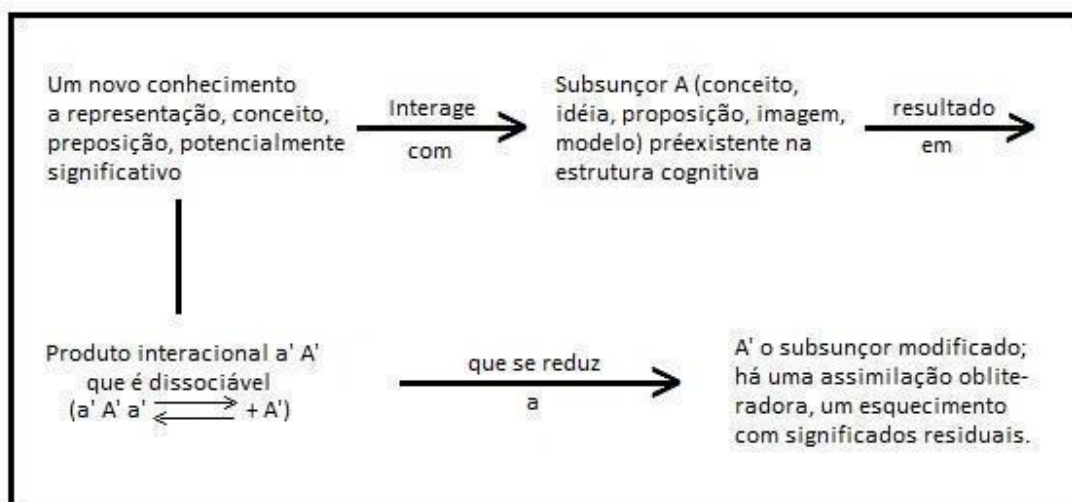
Quando se fala em uma relação não arbitrária ou “conceito subsunçor”, significa dizer que o novo conhecimento não se relaciona com um conhecimento qualquer, mas sim com algum conhecimento que seja relevante para dar-lhe significado. Assim, para que uma pessoa aprenda significativamente, a nova informação tem de se ligar, se associar, se “ancorar” (Moreira, 2008, p.29) ao que ela já sabe, sobre determinado assunto, uma ideia, um conceito, um diagrama, uma proposição, uma imagem, um símbolo, ou qualquer outra coisa que exista em sua estrutura cognitiva e que possa se associar àquilo que se deve saber.

Se for necessário um conhecimento prévio, os subsunçores, o leitor pode estar pensando, mas de onde eles vêm? A resposta está na diferença entre a formação de conceitos e a assimilação de conceitos. Segundo Moreira (2008, p.22), a primeira é típica da infância, período no qual os conceitos são construídos por descobrimento, geração e avaliação de hipóteses, generalização a partir de instâncias específicas, indução, abstração, até que a palavra conceito passe a representar regularidades em eventos ou objetos. A segunda, típica da fase adulta, corresponde ao período em que a primeira vai sendo modificada a partir de várias interações, é a diferenciação dos

subsunçores, ou seja, a assimilação, em que o aprendiz atribui significado ao que já sabe a partir de novos conhecimentos.

Pode-se facilitar a compreensão do processo de organização de conceitos que ocorre na AS, através do princípio da Assimilação de Ausubel. Moreira sintetiza e explica este princípio através do esquema abaixo:

Fig. 1 – Esquema Lógico de Aprendizagem. Fonte: Moreira, 2008, p.29.



Moreira (2008) retrata estas ideias expostas por Ausubel, Novak e Hanesian (1980) Através de esquemas lógicos:

Nele verifica-se que a assimilação ocorre quando um novo conhecimento potencialmente significativo e especificamente relevante **a**, é assimilado por um conceito subsunçor **A** que já existe na estrutura cognitiva do aprendiz como um conhecimento prévio. Dessa forma, após a interação, do novo conhecimento com o conceito subsunçor, tem-se **a'A'**, que são os dois conceitos modificados, ou seja, modifica-se o conceito existente na estrutura cognitiva, bem como o novo conhecimento. Como já foi explicado anteriormente, na AS também pode ocorrer o esquecimento, por isso, caso ocorra, **A'** e **a'** podem se dissociar, no caso dessa ocorrência, o que sobra é **A'**, um subsunçor modificado com significados residuais, um membro mais estável da interação **A'a'** a este processo de esquecimento, mas de

permanência de significados residuais, chamamos de obliteração e dizemos que após aprender e esquecer com resíduos, houve uma assimilação obliteradora.

Em termos biológicos, não podemos pensar nos subsunçores como uma estrutura física propriamente dita, mas sim em estruturas que auxiliam o aprendiz quando em contato com novo conhecimento. Como nos indica Novak (apud Moreira, 1983, p.57):

A base biológica da aprendizagem significativa envolve mudanças no número ou tipo de neurônios participantes, ou no conjunto celular envolvido; o fenômeno psicológico envolve a assimilação de novas informações dentro de uma estrutura de conhecimento específica existente na estrutura cognitiva do indivíduo. Ausubel define estas entidades psicológicas como conceitos subsunçores.

Dizer que a interação é substantiva ou não literal, significa dizer que o ser que aprende significativamente, aprende de um jeito próprio, individual, conotativo, ou seja, o novo conhecimento após internalizado ou resultado da modificação do subsunçor, que ficou mais incrementado, tem um significado único para ele, resultado de suas interações e vivência com os significados denotativos, compartilhados pela comunidade onde está inserido. Esta interação substantiva é chamada por Moreira (2008, p.16) de aspectos indiossincráticos da aprendizagem.

À medida que o sujeito vai aprendendo significativamente, na interação do conhecimento prévio e o novo, ou aquele que se pretende ensinar, os subsunçores vão ficando incrementados, maiores, se diferenciando. Isto ocorre aos poucos, progressivamente e a este processo chamamos de diferenciação progressiva. Se na AS, ocorre mudança no número ou tipos de neurônios participantes, à medida que os subsunçores ficam mais elaborados, a estrutura cognitiva também vai se modificando, mas não só por causa da diferenciação progressiva que sofreu cada subsunçor como também pela integração entre eles, num processo mais abrangente de reconciliar uns com outros, reorganizar as relações que a diferenciação promoveu, a isto chamamos de reconciliação integrativa.

Além da necessidade da interação do novo com o conhecimento prévio, para ocorrência da AS é preciso que o aprendiz queira aprender, queira relacionar seus conhecimentos prévios com os novos, é preciso haver intencionalidade, que Moreira (2008, p.20) afirmou não ser exatamente aquilo que chamamos de motivação, mas sim um esforço deliberado para relacionar o novo conhecimento a conhecimentos prévios, mais inclusivos, mais diferenciados. Esse compromisso com o querer aprender, querer



relacionar o prévio ao novo conhecimento, pode ser despertado por várias situações afetivas, que não serão discutidas aqui, mas que podem ser, por exemplo, pela necessidade de passar no vestibular, passar de ano, de ser o melhor da sala, o melhor da escola, de alegrar os pais, impressionar os amigos.

Um fator importante para a ocorrência da AS é que o material instrucional seja potencialmente significativo, ou seja, que ele consiga ser relacionado à estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel, Novak e Hanesian (1978, p.34) afirma que a AS:

[...] pressupõe que o aluno manifeste uma disposição pra a AS – ou seja, uma disposição para relacionar, de forma não arbitrária e substantiva, o novo material à sua estrutura cognitiva – e que o material aprendido seja potencialmente significativo – principalmente incorporável à sua estrutura de conhecimento através de uma relação não arbitrária e não literal.

Materiais instrucionais são importantes, mas deve-se observar que os significados estão nas pessoas, pois são frutos da aprendizagem significativa e por isso fala-se em material potencialmente significativo e não material significativo. Na verdade, um material que se relacione de maneira não arbitrária, “deve ser capaz de relacionar-se às ideias especificamente relevantes” (Ausubel; Novak; Hanesian, 1978, p.35), por exemplo: os dados sobre temperatura mensal relacionam-se significativamente com conceito de clima, que por sua vez se relacionam com ideias sobre radiação solar, que por sua vez se relacionam com posição orbital da terra. Outra exigência para um material potencialmente significativo é que ele possua uma relação substantiva ou não literal, o que significa dizer que ele deve possuir símbolos que tenham sentido para o estudante. Uma pessoa que entende o significado de  $\frac{1}{4}$ , mas que não possui conhecimento aritmético para saber que é a mesma coisa que 0,25, não vai aprender significativamente se em seu material instrucional aparecer o “0,25” e por isso esse material não terá uma relação substantiva, ou não literal e, portanto, não será potencialmente significativo.

## **2.2. Organizadores prévios**

Uma das condições para ocorrência da AS é que existam conhecimentos prévios, chamados de conceitos subsunçores, todavia, se o aprendiz não possuir estes conhecimentos em sua estrutura cognitiva, ou não conseguir relacioná-los com o novo conhecimento, pode-se usar os organizadores prévios, que segundo Moreira (2008,

p.39) são materiais que se destinam a fazer a ponte entre o que o aluno sabe e o que deveria saber para que o material fosse potencialmente significativo ou a explicitar a relação entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio, o que pode não ser facilmente percebido pelo aprendiz. Se a função dos organizadores prévios é funcionar como “ponte cognitiva”, sendo introduzidos na etapa inicial do processo educativo, então devem estar em “um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade”, além de levar em consideração as especificidades do aprendiz, como a idade e o meio em que está inserido.

### **2.3. Aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica**

É comum ouvir entre professores reclamando, algumas semanas após uma prova, que alguns estudantes parecem não ter aprendido nada daquele conteúdo. Isto se deve à aprendizagem mecânica, que é aquela arbitrária e literal ou não substantiva, a famosa “decoreba”, pois nela as informações são incorporadas ao pé da letra, à estrutura cognitiva. As informações são fixadas em algum lugar da estrutura sem modificação de subsunçores. Nas aulas de física, ela seria similar ao tipo de aprendizagem que o aluno decora a fórmula para aplicá-la no problema, somente substituindo os dados, mas não há entendimento do enunciado, nem de seu significado.

Embora se deseje a AS, a ocorrência da aprendizagem mecânica, em detrimento daquela, não significa dizer que o aluno “nada aprendeu”. Na verdade, existe um contínuo entre ambas, uma zona intermediária entre elas, chamada de “zona cinza”. Cabe ao professor, atuar como mediador entre o material instrucional potencialmente significativo e trabalhar de forma a deslocar essa aprendizagem em direção à parte significativa do contínuo, fazendo com que os subsunçores fiquem mais elaborados. Além disso, a aprendizagem mecânica é importante quando não há subsunçores ainda formados, na fase de formação de conceitos, porque as associações arbitrárias feitas neste tipo de aprendizagem podem servir para originá-los, ainda que simples, pouco elaborados. Novak (1997, apud Moreira, 1983, p. 29) explica isso da seguinte maneira: a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento nessa área, relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores ainda que pouco elaborados.

Uma pessoa que aprende significativamente tem maior diferenciação dos seus subsunçores, ou seja, seu conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado e por isso é mais fácil que aprenda outras coisas que têm relação com o conhecimento assimilado.

A aprendizagem por recepção ou por descoberta, são tipos de aprendizagem relativas à forma como o conteúdo é ensinado e nada tem a ver com a interação entre os conhecimentos prévios e os especificamente relevantes. Ausubel (1978, p.521) define ambas: a primeira trata-se do tipo de aprendizagem na qual o conteúdo do que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz na sua forma mais ou menos final; já a segunda trata-se do tipo de aprendizagem na qual o conteúdo principal do que deve ser aprendido, não é dado (ou apresentado), mas deve ser descoberto pelo aluno antes que ele possa assimilá-lo à sua estrutura cognitiva. Ausubel, nestas definições, diz que aprendizagem por descoberta e por recepção se relacionam, como a AS com a aprendizagem mecânica, pois assim como estas, estão nos extremos de um contínuo. Embora sejam um contínuo, as extremidades não se correspondem, e por isso é equivocado afirmar que toda aprendizagem por recepção é necessariamente mecânica e que toda aprendizagem por descoberta é significativa. Embora Moreira e Ostermann (1999) associem aprendizagem receptiva aos métodos utilizados nas aulas expositivas, também afirmam que uma aula expositiva pode contribuir para uma aprendizagem significativa, desde que o conteúdo a ser aprendido seja exposto de forma que seja potencialmente significativo. Ou seja, aulas expositivas não levam necessariamente a uma aprendizagem mecânica, assim como as aulas experimentais também não conduzem necessariamente à aprendizagem por descoberta ou à aprendizagem significativa.

A aprendizagem significativa pode ser classificada, segundo a forma como ocorre a interação do novo conhecimento com os prévios especificamente relevantes na estrutura cognitiva, por Moreira (2008, p.29) e Ausubel (1978, p.522):

- Aprendizagem Subordinada: É o tipo de aprendizagem mais comum, típica da aprendizagem receptiva, é a que dá ideia de subordinação, ou seja, é o tipo de aprendizagem que resulta da interação de novos conhecimentos com conhecimentos prévios especificamente relevantes na estrutura cognitiva.
- Aprendizagem Superordenada: Nela o novo conhecimento especificamente relevante pode abranger conhecimentos anteriores, resultando em uma

organização hierárquica. Ela também pode ocorrer, sem que seja necessário um novo conhecimento, pois o que já existe na estrutura cognitiva pode passar a ser percebido como mais inclusivo e mais abrangente do que outros, passando a subordiná-los.

- Aprendizagem combinatória: Nela a interação do novo conhecimento não é só com um subsunçor específico, mas com toda estrutura cognitiva, ou seja, a subordinação ou superordenação não ocorre com proposições ou conceitos específicos e sim com a estrutura cognitiva propriamente dita.

Partindo do entendimento dos tipos de aprendizagem significativa, bem como dos conceitos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, pode-se relacionar à aprendizagem subordinada com o primeiro deles, visto que a modificação progressiva que o subsunçor sofre através da sua interação com o novo conhecimento, no processo de assimilação, é chamado de diferenciação progressiva do conceito subsunçor. Já na aprendizagem superordenada e combinatória, o conceito associado é a reconciliação integrativa, pois é abrangente, não se detém na modificação dos subsunçores e sim na atribuição de novos significados na estrutura cognitiva ou que ocorra uma reorganização hierárquica.

Entre todos os conceitos apresentados, na TAS, os subsunçores, entidade psicológica da estrutura cognitiva que contém o conhecimento prévio, é para Ausubel, Novak e Hanesian (1978, p. IX) o fator mais importante da sua TA, isso fica evidente na famosa explicação:

Se eu tivesse que reduzir toda psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos.

Dizer que um estudante mobilizou seu conhecimento prévio, que pode ser um obstáculo epistemológico, não significa dizer que aprendeu corretamente, pois é possível que ocorra aprendizagem significativa de conceitos errados, que serão resistentes à mudança, ou seja, conceitos não compartilhados pela comunidade de usuários, denominados de concepções alternativas. Tais concepções não podem ser simplesmente substituídas imediatamente ou a médio e longo prazo por significados aceitos no contexto da matéria de ensino, pois normalmente as concepções alternativas são resultados de AS e os novos conceitos relacionam-se ao conhecimento prévio, subsunçores já existentes, de forma literal e arbitrária.

Em seu trabalho, Ausubel teve a colaboração de J. D. Novak, que foi coautor na segunda edição de seu livro “Psicologia Educacional” (1978) e, atualmente, é quem faz o trabalho de refinamento, aplicação da TAS e acrescenta ao caráter cognitivo de Ausubel, elementos humanísticos pois considera que a AS subjaz a integração construtiva de pensamentos, sentimentos e ações, que juntos dão significados às experiências positivas ou negativas. No Brasil, este trabalho é realizado pelo professor M. A. Moreira, que foi orientando de doutorado de Novak e explica tal aspecto da seguinte forma: “qualquer evento educativo, é de acordo com Novak, uma opção para trocar significados (pensar) e sentimentos entre o aprendiz e o professor” (MOREIRA, 2011, p.176).

Para justificar tal pensamento Novak propôs cinco elementos. Na verdade, ele ampliou os “lugares comuns” de Schwab (apud. Moreira, 2011), que são: aprendiz (aprendizagem), professor (ensino), matéria de ensino (currículo) e matriz social (meio, contexto), acrescentando o elemento avaliação. Aos lugares comuns de Schwab, preferiu chamar de elementos, que são basicamente os seguintes: aprendiz, professor, conhecimento, no lugar de matéria de ensino, contexto e avaliação. Este último elemento entrou porque Novak acredita que os acontecimentos da vida dependem da avaliação e por isso no processo de ensino-aprendizagem-conhecimento-contexto não seria diferente.

[...] em um fenômeno educativo, de alguma maneira, alguém (aprendiz) aprende algo (adquire conhecimento) interagindo (trocando significados) com alguém (professor) ou com alguma coisa (um livro ou um programa de computador, por exemplo) em um certo contexto (MOREIRA, 2011, p.176).

É importante considerar que segundo Novak a pré-disposição para aprender, intencionalidade Ausubeliana necessária à ocorrência da AS, relaciona-se com uma experiência afetiva, que, se positiva, facilita a ocorrência da AS e, se negativa, pode diminuir a possibilidade da ocorrência da AS, uma vez que “pensamentos, sentimentos e ações estão interligados” (MOREIRA, 2011).

Na avaliação da AS, deve-se procurar evidências da ocorrência da mesma. Neste elemento, as questões utilizadas, foram escolhidas de acordo com a orientação de Moreira (2011, p.164) para se evitar “simulação da aprendizagem significativa”, através da formulação, aqui no caso, às escolhas já validadas, de questões e problemas de uma

maneira nova e não familiar, que requer a máxima transformação do conhecimento adquirido.

#### **2.4. Modelo Triádico de Gowin**

D. Bob Gowin, famoso por seu Vê epistemológico ou “Vê de Gowin” como forma de estruturar o processo de produção do conhecimento, apresenta em sua teoria de educação um modelo triádico, por relacionar Professor, Aluno e Materiais Educativos. Segundo Moreira (2013):

Para ele (Gowin), uma situação de ensino-aprendizagem se caracteriza pelo compartilhamento de significados entre aluno e professor a respeito dos conhecimentos veiculados pelos materiais educativos do currículo.

Essa relação é triádica, mas cabem relações diádicas quando da interação: Professor-Material educativo; Professor-Aluno; Aluno-Aluno; Professor-Professor; Aluno- Materiais Educativos.

A TAS dialoga com outras teorias de aprendizagem, no entanto não constarão neste referencial teórico a explicação de todas elas. Cabe aqui, contudo, algumas citações, análises ou comparações de recortes das mesmas, quando se fizerem necessárias.

#### **2.5. Sequência Didática**

A SD, produto desta dissertação, em forma de UEPS, é um texto organizado com objetivo, começo, meio e fim. Está estruturada passo a passo ou por etapas, que devem ser seguidas em ordem, de forma que neste caso possam possibilitar a ocorrência da AS. É necessário (recomendável) que existam avaliações ao longo da aplicação desta sequência, bem como uma avaliação final.

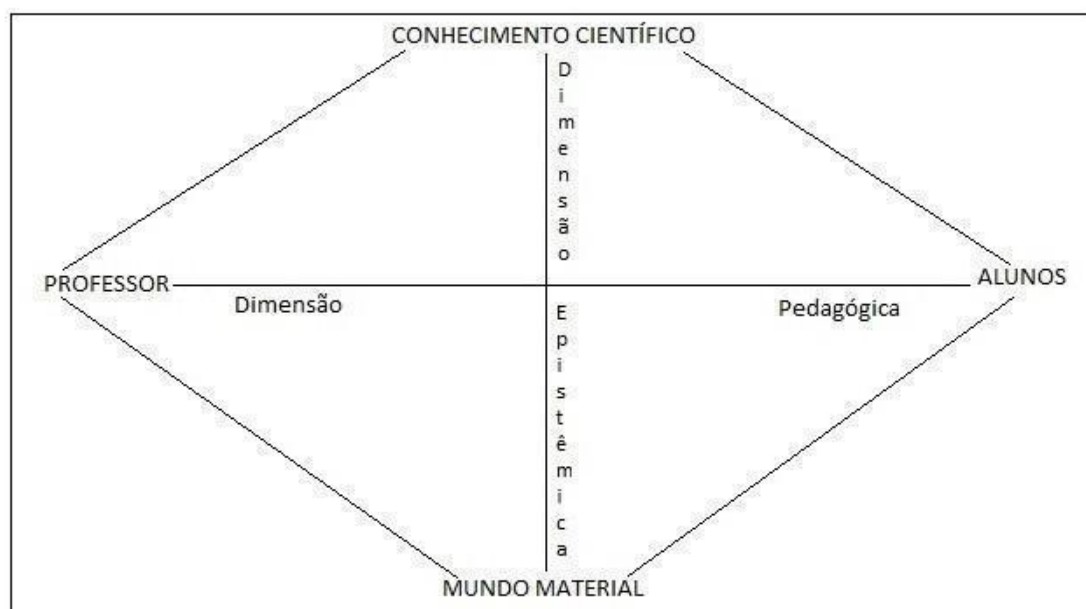
A sequência didática, módulo ou unidade de ensino, inicialmente era utilizada no contexto do planejamento do ensino, para Matos (apud Giordan, 2014) a SD seria equivalente a um curso em miniatura. Todavia Castro (apud Giordan, 2014) defende a adoção desse formato por acreditar que a “aprendizagem por unidades atende às necessidades dos estudantes de maneira mais efetiva e opõe-se à tese de que ele seja uma sucessão de aulas, tarefas e provas, referentes à informações esparsas, isoladas ou estanques”. Outro nome de destaque é o de Zabala. Para ele, uma unidade didática,

unidade de programação, ou unidade de intervenção pedagógica é um “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais que têm um princípio e um fim, conhecidos tanto pelo professor como pelos alunos” Zabala (apud Giordan, 2011, p. 18), que no caso da UEPS é facilitação da ocorrência AS. Ainda é importante registrar que o curso da Rede São Paulo de Formação Docente de Especialização em Ensino de Ciências (REDEFOR), apresenta outra perspectiva sobre a elaboração de SD, que é entendida como “instrumento de fortalecimento das relações entre a teoria veiculada nos cursos de formação de professores e práticas desenvolvidas em sala de aula” (GIORDAN, 2011).

O trabalho de pesquisa desenvolvido nesta dissertação trata-se de uma sequência que foi construída com base na TAS de Ausubel e estruturada como uma UEPS, unidade esta, desenvolvida por Moreira em 2011 (2013). Contudo, por se tratar de uma SD, a elaboração e a aplicação da mesma levou em consideração algumas concepções que existem no tratamento dela, mais especificamente no contexto de Teaching Learning Sequence (TLS). A abordagem sobre a SD no âmbito internacional, principalmente no Ensino de Física, que surgiu em meio à necessidade de considerar as concepções prévias dos alunos, imprescindíveis para a TAS. Além disso, uma das características das TLS é apresentar os conteúdos de forma gradual, tal qual ocorre na diferenciação progressiva, para que ocorra um processo evolutivo com o objetivo de aproximar e relacionar as ideias do aluno ao conhecimento científico. A importância desta característica se torna evidente em um dos princípios da UEPS, que indica que as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade.

Segundo Méheut (2005, Apud Giordan), as TLS possuem 4 componentes que explicam as abordagens para o ensino, que são: professores, estudantes, mundo material e conhecimento a ser desenvolvido.

Fig. 2 – Losango Didático de Méheut &amp; Psillos



Fonte: Apud Giordan; Guimarães; Massi (2014)

O losango da figura representa a relação entre esses 4 componentes localizados na ponta de um losango, cortado verticalmente por um eixo de dimensão epistemológica, que representa como o conhecimento está relacionado ao mundo material e horizontalmente por eixo de dimensão pedagógica ligando alunos e professores. Para a validação das TLS Méheut (apud Giordan, 2011) identifica 3 dimensões para análise:

- 1) uma dimensão epistemológica, relacionada aos conteúdos a serem aprendidos; 2) uma dimensão psicocognitiva, que analisa as características cognitivas dos estudantes, 3) Uma dimensão didática, que analisa as restrições do próprio funcionamento da instituição de ensino (programas, cronogramas, etc).

Neste trabalho tentou-se contemplar todas essas dimensões, no caso da epistemológica os conteúdos a serem aprendidos foram especificamente os de ondas mecânicas, determinados nos PCN's e no CBC, embora as tenha diferenciado das ondas eletromagnéticas. Para a dimensão psicocognitiva, tentou-se a mobilização de conhecimentos prévios através dos mapas mentais e a dimensão didática foi detalhada na metodologia.

Méheut ainda sugere adotar 2 critérios de validação: uma avaliação externa, na maioria dos casos comparando pré e pós-testes de grupos nos quais foram aplicadas a



SD comparados a grupos controle, o que não foi feito neste trabalho devido à discordância da autora em priorizar um em detrimento do outro. Já a validação interna foi realizada através da análise dos efeitos da SD em relação aos seus objetivos, que aqui será feito por meio de uma análise qualitativa do percurso da aprendizagem.

## **2.6. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)**

Desenvolvida por Moreira (2013) com intenção de facilitar a ocorrência da AS de tópicos específicos de conhecimento, as UEPS são compostas por etapas e devem seguir alguns passos, chamados pelo autor de “Aspectos Sequenciais”, bem como seguir alguns princípios, fundamentados no referencial teórico. São eles:

- O conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa;
- Organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e os conhecimentos prévios;
- São as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos;
- Situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade;
- A diferenciação progressiva, a reconciliação integrativa e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino;
- A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- O papel do professor é o de provedor de situações-problema, de organizador do ensino e mediador da captação de significados de parte do aluno;
- A interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados;
- Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino, mas poderá ser quadrática na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo;
- A aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica (Moreira, 2011);
- A aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamentos) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno (MOREIRA, 2013).

Os aspectos sequenciais para construção de uma UEPS, segundo Moreira (op. cit. 2013) são:

1. Definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos<sup>1</sup> e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;
2. Criar/propor situação (ções) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve (m) o (s) aluno (s) a externalizar (em) seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;
3. Propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações-problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;
4. Uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;
5. Em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integrativa; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de uma mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto, etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;

---

<sup>1</sup> Aspectos declarativos são aqueles que podem ser verbalizados, declarados de alguma maneira e os procedimentais são aqueles que consistem na habilidade cognitiva em saber fazer, está baseado em ações.

6. Concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um audiovisual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;

7. A avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa;

8. A UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações-problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

Por estar alicerçada em um TA, no caso a de TAS de Ausubel com contribuições de Novak, Gowin e Vernaud, há maior chance que esta UEPS, como SD, seja facilitadora da AS.

Uma vez apresentado o referencial teórico que norteou a elaboração da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa, uma sequência didática, objeto desta dissertação, passa-se à metodologia.

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Este trabalho traz a proposta de buscar possíveis indícios da ocorrência da aprendizagem significativa no transcorrer de uma sequência didática elaborada nos moldes de uma UEPS, que tinha em vista o ensino de alguns tópicos do conteúdo curricular de ondas mecânicas em turmas do ensino médio. Tal intervenção constituiu-se ao mesmo tempo o contexto e o objeto de estudo no âmbito desta pesquisa. Foram considerados como sujeitos da pesquisa, além da pesquisadora participante, somente os alunos que estiveram presentes a todas as aulas, no caso 31 do total de 40 alunos na turma A e 26 do total de 38 alunos da turma B. Todos os alunos participantes estavam cientes dos objetivos da pesquisa e manifestaram o seu livre consentimento, concordando em participar da mesma. Os dados foram produzidos utilizando-se como instrumentos de coleta os registros escritos dos alunos produzidos em contextos de sala de aula. As fontes de informação foram primárias, ou seja, aquelas em que a própria pesquisadora, também autora, recolheu as informações originais por meio do acesso direto aos sujeitos da pesquisa.

A seguir são detalhados o cenário e os atores que constituíram o campo de estudo. Em seguida serão descritas as etapas metodológicas. O contato com a realidade dinâmica da sala de aula e o olhar sensível para as relações que ali se estabeleceram permitiram a produção de um grande volume de dados. Porém, para efeito de análise, foram consideradas apenas as produções dos alunos que melhor atendiam aos objetivos propostos.

#### **3.1. Cenário: o campo de estudo**

O presente trabalho foi realizado no tempo destinado às aulas de Física em duas turmas do segundo ano do ensino médio, no turno matutino, em uma Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio situada no num bairro de periferia do município da Serra, Espírito Santo.

A escola está localizada em uma comunidade com elevado risco social e possui um dos maiores índices de violência do estado devido à influência do narcotráfico. O alto índice de criminalidade e de violência na comunidade se reflete em uma elevada ocorrência de evasão escolar e impacta os resultados das avaliações externas.

O grande desafio que se impõe à escola, muito além de assegurar aos seus alunos a continuidade dos estudos, é pensar a formação de cidadãos que relacionem a aquisição do conhecimento ao desenvolvimento humano, ou seja, que percebam a escolarização como uma oportunidade de melhorar seus contextos de vida para, em última instância, transformar a sociedade em um espaço menos excludente.

Neste cenário, o fracasso escolar e a evasão (principalmente no turno noturno) se configuram em grandes desafios a serem assumidos pela escola, pois além das condições sócio-educacionais dos alunos, há fatores históricos que prejudicam a organização curricular, as práticas pedagógicas dos professores, os tempos escolares, os processos de avaliação da aprendizagem, as condições de trabalho e algumas perspectivas docentes, se configuram em problemáticas que precisam ser enfrentadas por influenciarem nos processos de ensino-aprendizagem.

### **3.2. Atores: os sujeitos da pesquisa**

A maior parte dos sujeitos desse trabalho trazem trajetórias educacionais que os fazem acreditar que as aulas vagas ou a dispensa das aulas por quaisquer motivos, são vantagens para eles. Muitos são estudantes que trabalham ou realizam atividades de estágio para ajudar nas despesas da família. Nesta pesquisa constituem dois grupos, os da turma designada A e os da turma designada B, formadas por 40 e 38 estudantes respectivamente, dos quais 21 da turma A e 29 da turma B têm entre 16 e 17 anos, estando, portanto, na faixa etária correspondente à série. Os demais participantes desse projeto encontram-se na faixa etária entre 18 e 22 anos.

A turma A, inicialmente com 40 alunos matriculados, possui 31 alunos que participaram de todas as aulas, já na turma B, dos 38 matriculados, 26 alunos estiveram presentes em todas as etapas da aplicação da UEPS. Ambas as turmas carregam o estigma de serem desinteressadas, apáticas, faltosas e bagunceiras, principalmente a turma B. A maioria dos estudantes chegou à escola no primeiro ano do ensino médio, oriundos da Rede Municipal, todavia, mesmo tendo realizado o primeiro ano nesta escola, percebeu-se na execução das atividades propostas, dificuldades básicas por parte dos alunos, como por exemplo em operações matemáticas elementares e interpretação de textos e/ou enunciados. As turmas foram escolhidas por adequação de horário e dia das aulas. Na escola onde se realizou o estudo as aulas de Física ocorrem em duas aulas

semanais, com 55 minutos cada. Para os contatos iniciais com os alunos, foram necessárias 9 aulas, utilizadas para finalizar o conteúdo curricular anterior, antes da introdução da sequência didática que seria considerada para efeito de análise no âmbito da pesquisa.

Este contato inicial teve uma grande importância, pois seria necessário acostumá-los a ver a diretora da escola momentaneamente também como professora de Física. Expliquei que assumiria as aulas a partir de então para finalizar o conteúdo que vinha sendo trabalhado pelo professor da turma, que gentilmente cedeu-me o espaço para as intervenções.

Foi bem estranho, pois nem eu, nem eles, estávamos à vontade. Os alunos ficaram receosos, tinham vergonha de perguntar, de conversar, de sentar numa posição menos convencional, como normalmente fariam longe de uma suposta “figura de autoridade”.

A Turma A começou a ficar mais à vontade a partir da 4ª aula e a turma B, já a partir da 3ª aula. Conversavam, brincavam, perguntavam, agiam de tal forma que me despertaram as mesmas sensações de outrora, enquanto professora, quando ainda não acumulava as responsabilidades da gestão escolar.

Na condição de pesquisadora e, portanto, também sujeito da pesquisa, procurei assumir um certo distanciamento das situações do cotidiano escolar com as quais estava familiarizada, a fim de que pudesse experimentar o estranhamento e o senso questionador e crítico que a atividade de pesquisa requer. As experiências suscitadas pela sobreposição desses papéis, apesar do esforço em busca do suposto e pretendido distanciamento, provocou reflexões que merecem ser explicitadas e discutidas mais a frente, no capítulo que tratará das considerações finais.

### **3.3. Os instrumentos de coleta de dados**

Foram diversos os instrumentos de coleta ou registros de dados: fotografias, diários de campo e algumas gravações em áudio dos questionamentos dos estudantes. No entanto, os instrumentos que geraram o maior volume de dados considerados para efeitos de análises foram as produções escritas dos alunos durante as atividades, que foram: diagramas, questionários, roteiro dos OA, exercícios matemáticos, textos e questões, mapas conceituais e avaliação final. O diário de bordo ou de atividades

buscou registrar impressões importantes quanto ao envolvimento da turma nas atividades, às dúvidas que surgiam e ao desenrolar da aplicação da UEPS.

Todavia o tempo de aula é curto e exige atenção do professor em observar, intervir e intermediar, impossibilitando muitas vezes o registro de todas as impressões importantes no transcorrer da aula. Assim, os registros eram feitos imediatamente após o término das atividades. A limitação do tempo, a necessidade de atenção individual aos alunos e o envolvimento direto da professora/pesquisadora durante as aulas também foram a causa da quantidade reduzida de registros fotográficos das atividades. Os registros escritos foram transcritos para arquivo digital. As fotografias também foram organizadas em arquivos digitais ao longo da aplicação da SD.

### **3.4. A Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino de ondas mecânicas**

#### **3.4.1. A elaboração da Sequência Didática**

Algumas das atividades da SD, que serviram como instrumento de coleta de dados (**Apêndice**) foram coletadas de algumas dissertações de outros mestrandos profissionais, que também utilizaram a temática ondas e cujo referencial teórico foi a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel, a partir, na maior parte das vezes, da releitura de Moreira. O material já havia sido aplicado aos estudantes com as mesmas características dos que fizeram parte desta pesquisa em um estudo anterior que chamaremos de estudo piloto. As questões-problema foram retiradas da dissertação que propunha introduzir conceitos físicos na 8ª série através do som e suas curiosidades. Neste trabalho, a autora utilizou as mesmas questões em pré-teste e pós-teste, analisando a diferença das respostas dadas pelos estudantes nestes dois momentos. Aqui, as questões do pós-teste foram modificadas, fraseadas de maneira diferente pela autora e “testadas” no estudo piloto, realizadas em 2013 com alunos de duas turmas similares as dos sujeitos dessa pesquisa, a fim de atender ao referencial teórico.

Propõe, então, que ao procurar evidência de compreensão significativa, a melhor maneira de evitar a “simulação da aprendizagem significativa” é formular questões e problemas de uma maneira nova e não familiar, que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido. Testes de compreensão, por exemplo, devem, no mínimo, ser fraseados de maneira diferente daquele originalmente encontrado no material instrucional (MOREIRA, 2011, p.164).

É importante relatar que a nova versão do questionário, ou seja, as questões fraseadas de forma diferente, foram utilizadas inicialmente como experiência piloto em uma turma com 31 alunos. A partir dos questionamentos levantados pelos alunos, em relação aos enunciados e de algumas respostas que demonstraram não entendimento claro das questões, elas foram, posteriormente, modificadas e utilizadas em outra turma com 32 alunos, em que não foi perceptível a confusão no enunciado. Vale ressaltar que esta experiência piloto serviu apenas para validar os instrumentos, sendo considerada apenas a título de avaliação diagnóstica, que se mostrou relevante no momento da intervenção pedagógica. Contudo, na fase de seleção e categorização dos dados para análise dos resultados, esses questionários não foram considerados relevantes.

O roteiro do OA, baseou-se em um estudo<sup>2</sup> que apresentou uma SD construída a partir de simulações computacionais disponibilizadas pela Universidade do Colorado (PhET). Já os textos informativos foram adaptados por mim, no caso do texto da publicação da Sociedade Brasileira de Física ou foram retirados da internet e fotocopiados com as devidas autorizações.

As abordagens matemáticas utilizadas no ensino desse conteúdo foram feitas de forma a incentivar a compreensão das fórmulas, a fim de que não fossem aplicadas mecanicamente. Para tanto, foram realizados exercícios e problemas em forma de trabalho colaborativo mediado pela professora. Nesta etapa de trabalho colaborativo, aspecto transversal nos passos da UEPS, é importante que o professor acompanhe e auxilie, quando necessário, exemplificando e orientando, não resolvendo aquela atividade, estabelecendo assim a relação triádica entre aluno, docente e o material que contém os exercícios e problemas.

### **3.4.2. Definição do tópico específico a ser abordado**

Na escolha do assunto “ondas” para a SD, buscou-se abordar conceitos mais gerais sobre as ondas mecânicas com evidências ao som, conceitos estes que poderão servir futuramente como subsunçores para o entendimento da natureza ondulatória da luz.

---

<sup>2</sup> Cf. Miranda, 2013.



No conteúdo de ondulatória a ser abordado, mais especificamente ondas mecânicas e as principais características que as diferenciam das eletromagnéticas, as habilidades cognitivas esperadas dos estudantes ao final da intervenção eram:

- reconhecer movimentos periódicos;
- perceber que o movimento ondulatório transporta apenas energia e não matéria como inicialmente eles acreditam por causa das ondas de surf;
- identificar frequência, período, amplitude e comprimento de onda;
- reconhecer que a velocidade de uma onda depende do meio em que ela se propaga;
- relacionar frequência e comprimento de onda através da equação fundamental da ondulatória;
- estabelecer que a dependência da frequência da onda é unicamente relacionada ao seu período;
- identificar os fenômenos ondulatórios: reflexão, refração, difração e interferência;
- identificar altura, timbre, intensidade sonora e diferenciá-los.

Os assuntos a serem estudados foram divididos assim:

- análise qualitativa do movimento harmônico;
- amplitude;
- ciclo;
- frequência;
- período;
- comprimento de onda;
- pulsos em cordas;
- análise qualitativa e quantitativa da relação de interdependência entre frequência e período, evidenciando a relação da razão inversa entre essas grandezas;
- definição de ondas de acordo com a direção de propagação: transversal ou longitudinal;
- velocidade de propagação da onda;
- ondas em duas dimensões;

- mudança de meio da onda e frequência constante;
- análise qualitativa da reflexão da onda;
- análise qualitativa da refração da onda;
- análise qualitativa da difração;
- análise qualitativa da interferência;
- som: altura, timbre e intensidade sonora.

### **3.4.3. Aspectos Sequenciais: os passos para a implementação da UEPS em sala de aula**

A UEPS para o ensino de ondas mecânicas, foi elaborada com base nas orientações de MOREIRA (2011) e podem ser encontradas no capítulo do referencial teórico (capítulo 2). As etapas seguiram os aspectos sequenciais ou passos, definidos na UEPS, mas antes de se iniciar a aplicação dela, foi trabalhado com os alunos conceitos de mapas conceituais e eles tiveram a oportunidade de construir um mapa conceitual da vida semanal deles, sentados em grupo ou individualmente, de forma que professora interveio, questionou ou auxiliou. Após esse exemplo, que transcorreu com animação, os estudantes foram solicitados a realizar outro mapa referente a todas as aulas do dia anterior.

## **3.5. Atividade de mobilização de conhecimentos prévios: “Chuva de ideias”**

A Chuva de Ideias foi uma atividade que permitiu aos estudantes externalização de forma livre e individual, através da construção de um diagrama esquemático, de ideias relacionadas à palavra onda.

### **3.5.1. Proposição da situação-problema**

A etapa da proposição do problema procurou abranger diferentes usos sociais da palavra “onda” remetendo a diferentes contextos. A problematização, a partir de situações muito familiares para os jovens, tinha o objetivo de questionar as ideias prévias dos alunos detectadas na primeira etapa.

É importante ressaltar que esta etapa de problematização marcou o desenvolvimento de toda a SD, pois a cada nova atividade, era sempre trazido algum questionamento relacionado a fatos ou fenômenos observáveis no contexto social dos

estudantes, que pudessem introduzir ou aprofundar a discussão dos assuntos abordados nas aulas.

### **3.5.2. Apresentação do conteúdo promovendo a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa**

Esta etapa englobou um conjunto de aulas que não obedeceram a uma sequência linear, com base no entendimento de que a apresentação do conteúdo ao longo da UEPS faz-se de modo dinâmico, sendo constantemente retomada de forma dialogada e problematizadora, em níveis crescentes de complexidade, levando-se em conta os processos de diferenciação progressiva e a promoção da reconciliação integrativa.

### **3.5.3. Avaliação da Sequência Didática**

A avaliação foi feita em todas as etapas no desenrolar da unidade de ensino, pois como um dos princípios da UEPS definidos por Moreira (2010, p.3) “a avaliação da aprendizagem deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva”. Assim, avaliação foi feita utilizando como instrumentos os diagramas, as questões problematizadoras, a lista de exercícios, os textos e falas anotadas no diário de campo e os registros gravados em áudio.

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O processo de análise dos dados foi construído a partir da sistematização das etapas metodológicas, entendendo que a produção dos dados é um processo dinâmico, que se constitui a partir das interações que se estabelecem entre os sujeitos da pesquisa no contexto investigado. Assim, muitas observações que a princípio não pareciam relevantes para os objetivos que tínhamos em conta no momento em que ocorreram, vieram a se tornar muito significativas durante as reflexões que se aprofundavam ao longo do trabalho. Portanto, as análises têm um caráter reflexivo, o qual discutiremos três aspectos relativos ao processo de aprendizagem, que se mostraram especialmente relevantes: a valorização dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o conteúdo curricular a ser ensinado; a intervenção didática numa perspectiva problematizadora e a percepção de alguns marcos indicadores da construção de conceitos, entendida como um processo dinâmico.

O fato de as análises se centrarem nesses três aspectos não quer dizer que os demais elementos não tenham sido observados. Entretanto, os objetivos do trabalho me levaram a delimitar alguns recortes.

Partindo do pressuposto de que a aprendizagem se processa num movimento dinâmico, observações e registros produzidos em diferentes momentos da SD serviram para compor um objeto de análise que não poderia ser percebido com clareza a partir de um registro pontual.

Para a identificação das concepções dos estudantes acerca de ondas, selecionei alguns diagramas que dão a dimensão da pluralidade de ideias existentes. Na etapa seguinte, busquei registros que demonstram como os alunos reagiram à proposição de situações-problema em sala de aula e como a intervenção pedagógica possibilitou-lhes questionar e ampliar seus modelos explicativos iniciais. Na última etapa, as análises dos registros de diversos momentos da SD sugerem-nos indícios de que os conceitos foram progressivamente diferenciando-se, até integrar-se numa ideia mais geral acerca do conceito “onda”.

### **PASSO 1: “Chuva de ideias” – Atividade de mobilização de conhecimentos prévios**

Nas etapas iniciais de implementação da UEPS, procurei incentivar os alunos a expressarem livremente o que pensavam acerca do conceito “onda”. Isto não é uma tarefa fácil, pois os alunos já aprenderam ao longo de sua trajetória escolar que na escola há sempre uma “resposta certa” a ser dada às perguntas dos professores, mesmo que eles não a conheçam. Contudo, responderam com confiança ao desafio proposto.

Nesta etapa, os alunos foram solicitados a elaborarem individualmente um diagrama em que pudessem representar de forma esquemática tudo o que lhes viesse à mente sobre ondas, isto é, foram incentivados a colocarem no diagrama tudo aquilo que eles relacionam a ondas, externando assim livremente as suas concepções. Este diagrama foi entregue como parte das atividades da SD. Os estudantes foram solicitados a colocarem em forma de tabela “coisas que se repetem” e “tempo de repetição”. Esta última atividade tem intenção de levantar conhecimentos prévios dos estudantes sobre ciclo, período e frequência.

Vale ressaltar que as turmas A e B tinham recebido algumas instruções sobre a elaboração de mapas conceituais pouco tempo antes da implementação da SD. Talvez por isso, em muitos dos diagramas notei uma tentativa de esquematização das ideias, possivelmente inspirada no formato de um mapa conceitual. Para efeito de análise, esse aspecto foi desconsiderado, levando-se em conta as ideias expressas em palavras ou mesmo em desenhos, já que alguns alunos recorreram a imagens para dizer o que lhes vinha à mente quando pensavam na palavra “onda”.

Esta atividade foi utilizada como um “organizador prévio”. Segundo Moreira (2008, p. 2):

Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si [...]. A principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que aprendiz já sabe e o que ele deveria saber a fim de que o novo material pudesse ser aprendido de forma significativa. Ou seja, organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como “pontes cognitivas”.

A ideia de utilizar um diagrama esquemático como um organizador prévio é respaldada pelo mesmo autor, quando afirma que não há restrições em relação aos materiais que possam ser utilizados como organizadores prévios. Para Moreira (2008, p. 3-5):

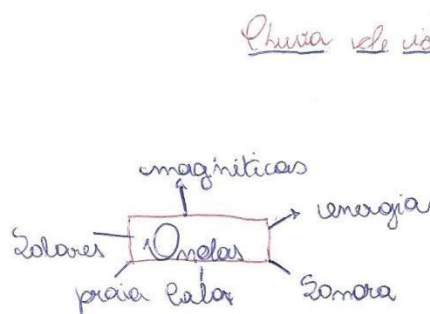
Na verdade, é muito difícil dizer se um determinado material é ou não um organizador prévio, pois isso depende sempre da natureza do material de aprendizagem, do nível de desenvolvimento cognitivo do aprendiz e do seu grau de familiaridade prévia com a tarefa de aprendizagem [...]. A definição de organizador prévio não implica que o mesmo seja necessariamente um texto [...]; pode ser um filme, uma discussão, uma frase, uma dramatização.

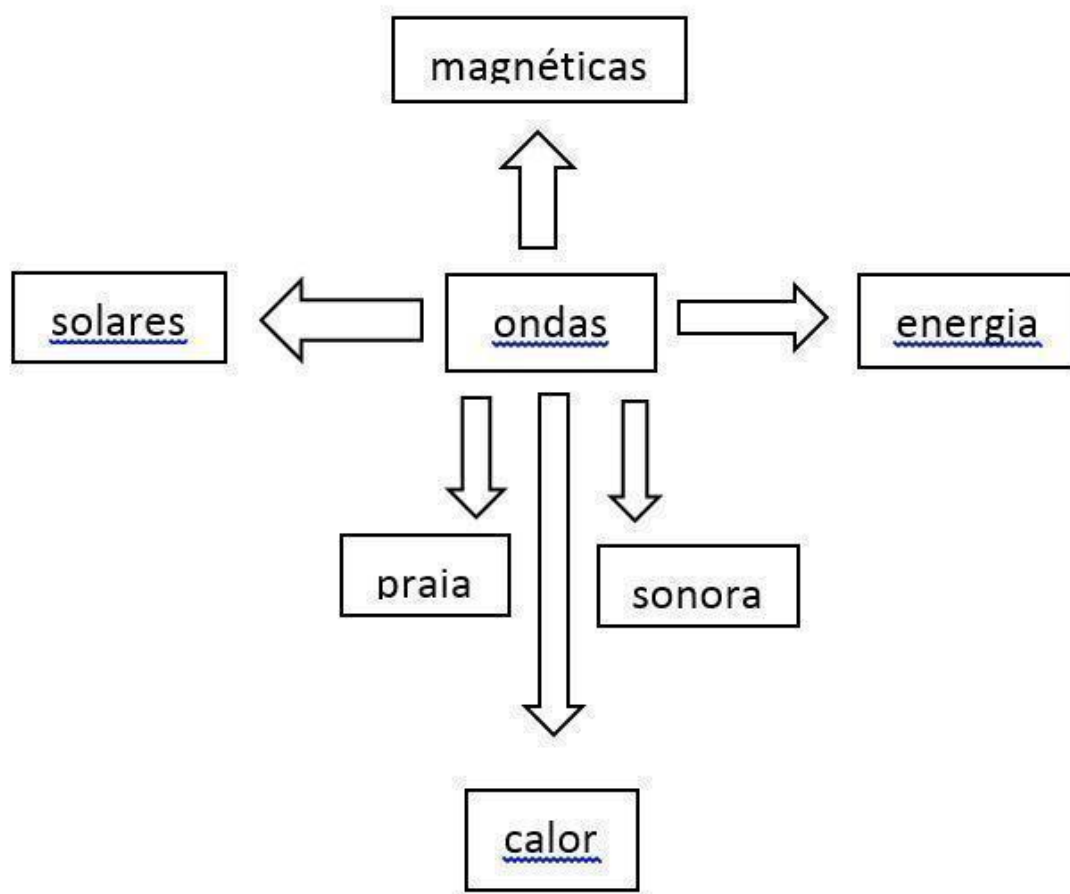
Tendo em vista que a função do organizador prévio é identificar as concepções iniciais dos estudantes, que servirão de pontes para a construção ou ampliação dos conceitos, verificou-se na análise dos diagramas uma grande heterogeneidade de ideias ou palavras associadas a ondas.

Como não era esperado que os alunos apresentassem definições ou explicações, interessava-me localizar pistas que me permitissem inferir relações, significados e sentidos atribuídos à palavra onda.

Em todos os diagramas apareceram associações com as ondas do mar, porém em alguns foram citados termos como “ondas sonoras” e “ondas magnéticas”, como no exemplo transcrito na figura 3.

Figura 3 - Diagrama explicitando ideias relacionadas à ideia de onda

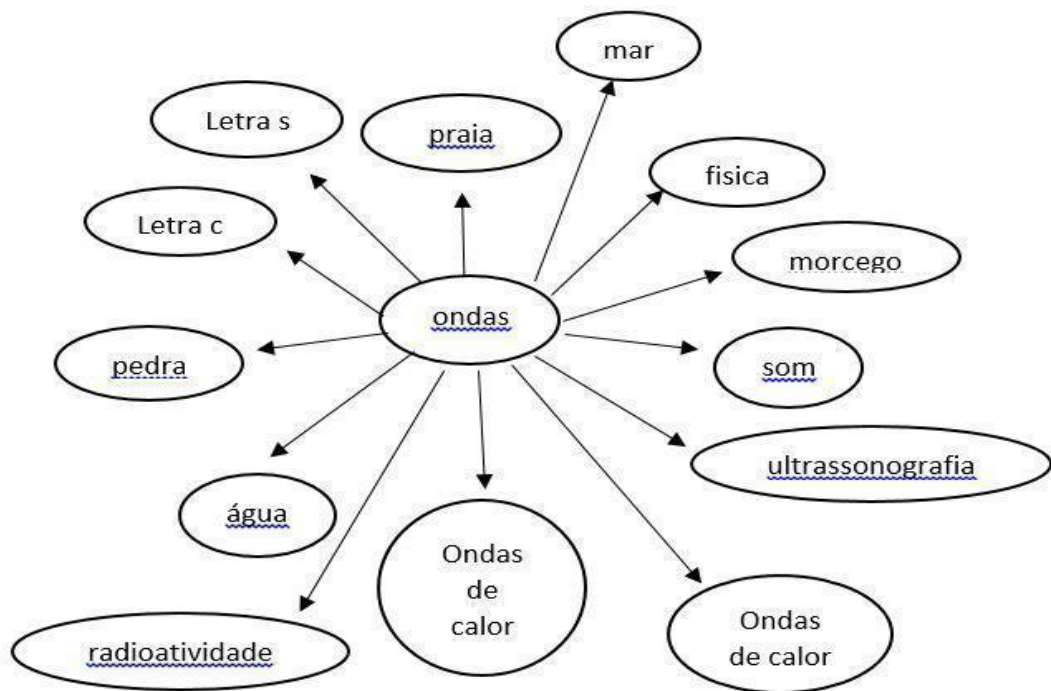
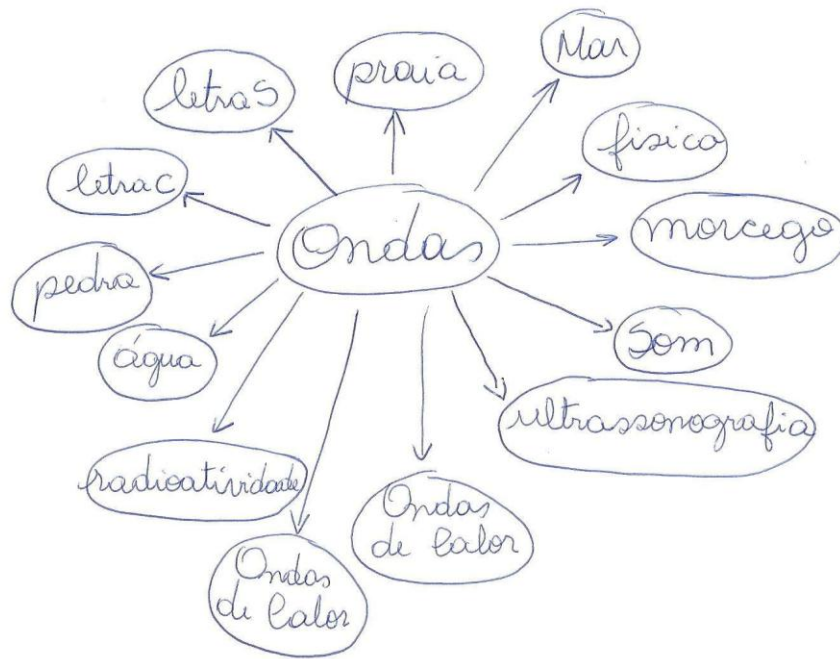




Fonte: acervo da pesquisadora- atividade dos aluno *B01*

A figura 3 é um diagrama em que se percebe a tentativa por parte do aluno de reproduzir a lógica de sistematização dos conteúdos escolares, em que quase sempre os conceitos aparecem agrupados e classificados. A palavra “onda” ocupa a parte central do diagrama, sendo, portanto, o conceito principal ao qual se articulam os demais, sem que fique clara nenhuma hierarquia entre eles. Trata-se, aparentemente, de “tipos de ondas”. Na visão do aluno, “energia” e “calor”, por exemplo, seriam tipos de onda, tanto quanto as ondas que ele observa na praia. Não há uma conceituação bem definida, embora os termos científicos emergjam.

Figura 4 - Diagrama radial explicitando ideias relacionadas à ideia de onda

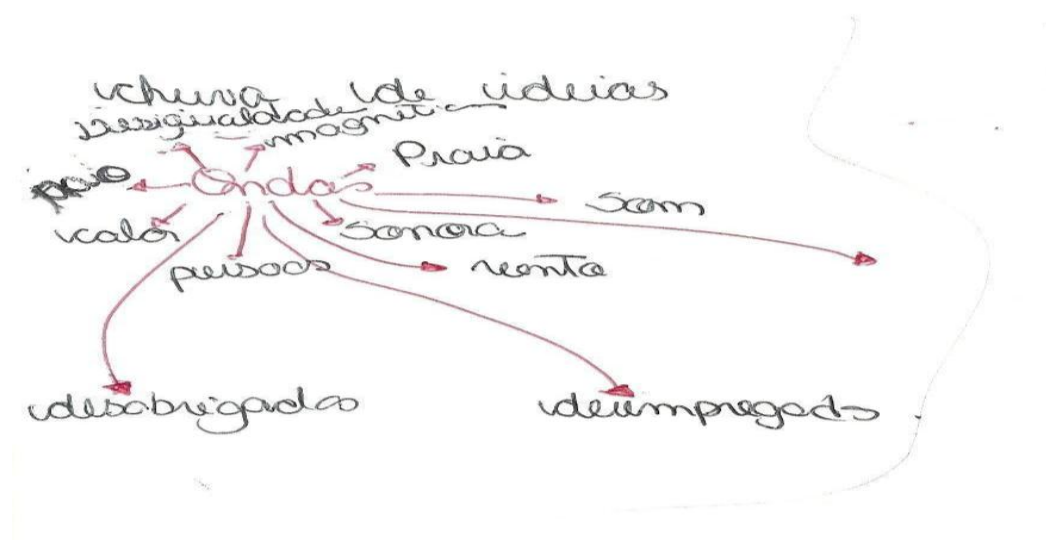


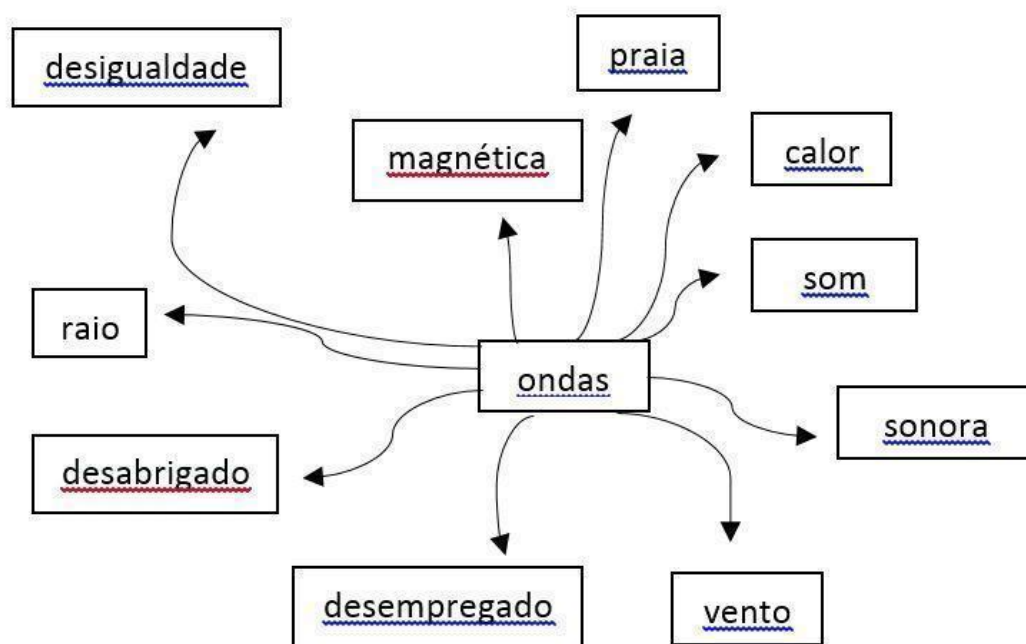
Fonte: acervo da pesquisadora -atividade do Aluno A29



Na figura 4, vemos outro tipo de representação em que o aluno dispôs radialmente as ideias, mantendo ainda a centralidade da palavra “onda”, porém sem explicitar uma possível lógica de organização mais sistematizada. Nesse diagrama, aparecem palavras que à primeira vista não teriam a menor relação com o conceito onda. No entanto, a observação direta em sala de aula me permite verificar que o aluno trouxe para o diagrama muitas das ideias que surgiram nas conversas informais que marcaram o início da implementação da SD. A palavra “física” dá a ideia da compreensão da onda como um fenômeno físico e a Física como o componente curricular que trata mais especificamente dessa temática. Já as palavras “pedra” e “água” fazem alusão às pequenas ondas observadas no espelho d’água, quando se atira uma pedra num lago, situação dada muitas vezes como exemplo, por ser muito familiar a todos os alunos. A palavra “morcego” aparece próxima à palavra “som”. Mais uma vez, o aluno faz menção de um dos assuntos discutidos, que fazia referência ao sistema de orientação espacial dos morcegos, que funciona como um sonar, estando, portanto, relacionado com as ondas sonoras. A palavra “ultrassonografia” surge representando uma das muitas aplicações tecnológicas associadas aos fenômenos ondulatórios. Mais uma vez, as ondas do mar são destacadas, o que seria esperado numa cidade litorânea em que o mar faz parte não apenas da paisagem da cidade, mas influencia o modo de vida da população, especialmente dos jovens.

Figura 5 - Diagrama radial explicitando ideias relacionadas à ideia de onda





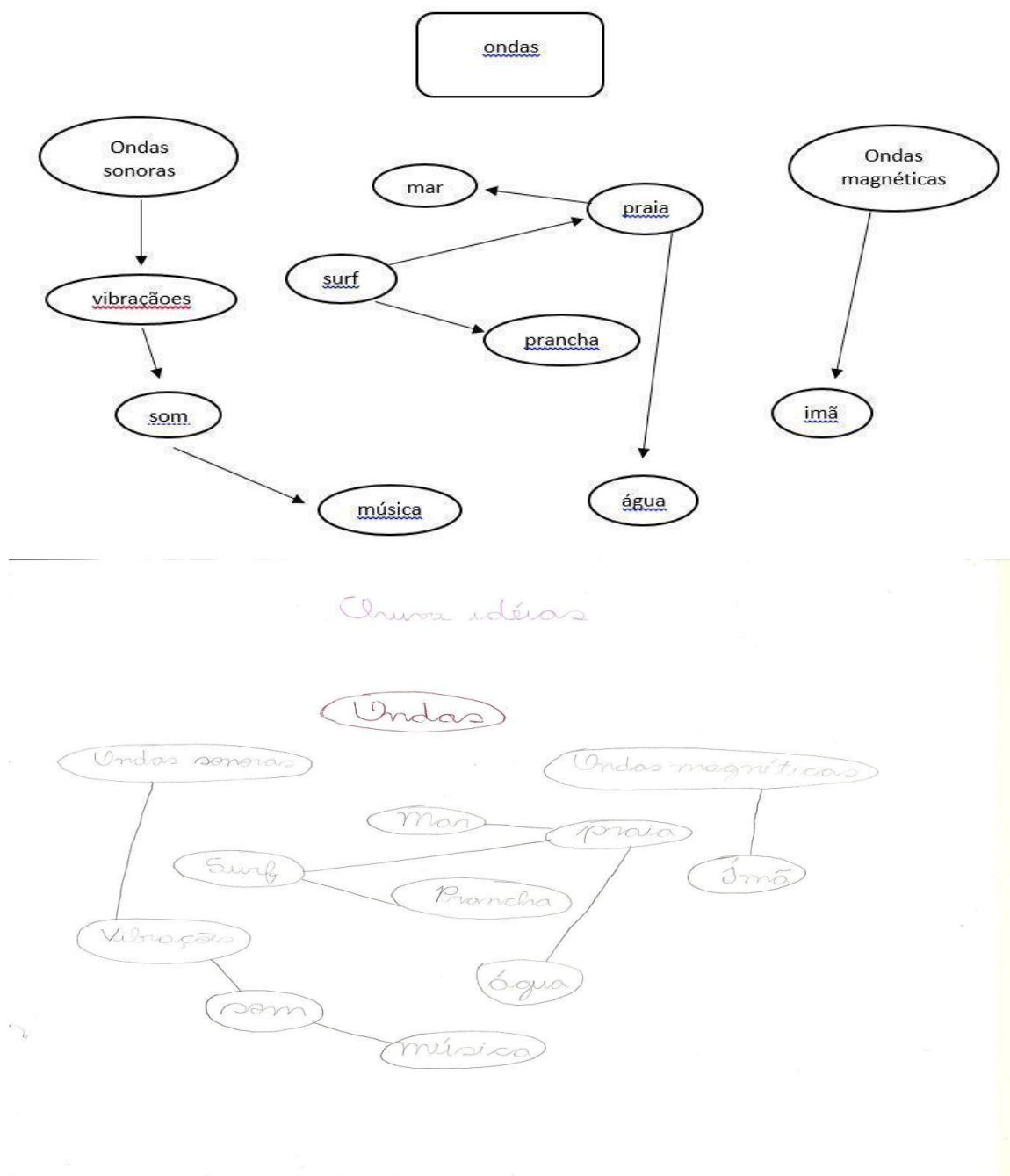
Fonte: acervo da pesquisadora- atividade do *Aluno B12*

O diagrama expresso na Figura 5 tem um formato muito semelhante ao anterior, no que tange à disposição das palavras e às ideias evocadas. Destacam-se, no entanto, as palavras “desigualdade”, “desempregado” e “desabrigado”. Mais uma vez vem à tona aspectos levantados e discutidos nas conversas informais, dentre os quais, a lembrança de um dos maiores desastres naturais da história moderna relacionado com “ondas” - o tsunami do Oceano Índico, no qual morreram mais de 220 mil pessoas, no dia 26 de dezembro de 2004. A alusão desta catástrofe fez emergir preocupações com a degradação ambiental em cidades litorâneas do estado do Espírito Santo, onde já se observa grandes prejuízos, impactos nas atividades econômicas e consequências desastrosas no modo de vida das famílias atingidas. Daí a relação entre “ondas” e “vento” e desastres naturais que trazem como consequência o desemprego, o déficit de moradia, reforçando a desigualdade social.

Temos neste caso um exemplo concreto de que a educação em ciências pode e deve promover um debate mais amplo, no qual as questões sociais, políticas e

econômicas que afetem a sociedade possam ser tratadas ao mesmo tempo, sem prejuízo da abordagem dos conceitos científicos, em sua especificidade.

Figura 6 – Diagrama radial explicitando ideias relacionadas à ideia de onda (Aluno A22)



O diagrama apresentado na Figura 6 traz uma estrutura de organização diferenciada, que, no entanto, preserva aspectos já observados nas análises dos anteriores. Mantém-se a pluralidade de ideias, entretanto, o aluno tipifica essas ideias

em três grupos distintos, sendo o conceito “onda” o eixo integrador, que articula os sub-conceitos: “ondas sonoras”, “ondas do mar” e “ondas magnéticas”. À noção de ondas sonoras estariam relacionadas ideias tais como vibrações, som e música, apresentadas numa sequência que enseja uma relação de dependência ou causalidade entre elas. Em outras palavras: as ondas sonoras produzem vibrações, que, por sua vez, produzem som, que por sua vez produz música. Essa inter-relação pode ser também presumida no segundo grupo em que a palavra “praia” é a ideia que articula mar e água, assim como a palavra “surf” estaria inter-relacionada à “praia” e “prancha”, que são o local e o meio material que possibilita a sua prática. O conceito de “ondas magnéticas” foi o que apresentou menor número de ideias relacionadas, isto é, apenas a palavra “ímã”, demonstrando um conhecimento muito superficial das inter-relações possíveis neste caso.

A análise dos diagramas permitiu constatar que a Chuva de Ideias mostrou-se uma atividade interessante para os alunos e capaz de mobilizar conhecimentos prévios, que sirvam como pontes para a construção de novos conhecimentos. Cabe ressaltar a natureza híbrida desses conhecimentos prévios, que não são exclusivamente os modelos explicativos espontâneos ou intuitivos, nem apenas as informações advindas de experiências escolares anteriores. Trata-se de um misto de ideias coexistentes, que englobam tanto os conhecimentos adquiridos pela via da escolarização, como também os significados e sentidos que atribuem a esses conhecimentos, nas aprendizagens que acumulam nas mais diversas experiências de vida.

## **PASSO 2: Proposição da situação-problema**

Nas etapas metodológicas propostas, o que denominei “Passo 2” refere-se, na verdade, a vários momentos em que procurei manter uma atitude problematizadora. Para efeito de análise, destaco aqui um desses momentos, que ocorreu a partir de uma conversa informal sobre a prática do surf, da qual emergiu o seguinte questionamento: “Afim, é o surfista que se desloca na onda ou é a onda que carrega o surfista?” A proposição deste problema conduziu-nos à questão que norteou a discussão a seguir: “As ondas do mar transportam matéria?”

A proposição de uma situação-problema em sala de aula de certa forma “desestabilizou” o modo como estávamos acostumados a trabalhar os conteúdos nas aulas de Física. Em geral, eu fazia as perguntas e os alunos trabalhavam recorrendo às explicações e fórmulas matemáticas de que dispunham na tentativa de solucionar os exercícios. Desta vez, embora eu não possa afirmar que tenha havido uma ruptura com esse modelo tradicional, estávamos todos tentando fazer as coisas de outro jeito.

Alguns “passos” foram seguidos na condução dessa atividade, inspirados na sequência de ensino investigativa, proposta por Carvalho (2013).

A autora sistematiza algumas ações do professor e dos alunos, que podem caracterizar uma sequência de ensino investigativa, ou seja, centrada numa perspectiva problematizadora.

A sequência iniciou-se com a proposição do problema. Neste momento, procurei me certificar de que todos haviam entendido bem a questão proposta sem, no entanto, guiá-los a uma solução.

Quando os alunos se puseram a resolver o problema, eu esperava que a partir da discussão, elaborassem suas hipóteses e as testassem.

Entendi que a minha função naquele momento era incentivá-los e cuidar para que houvesse um ambiente propício para que os alunos trabalhassem, e eu interferisse minimamente em seu trabalho.

Enquanto tentavam elaborar respostas para a questão, alguns estudantes tentaram utilizar uma fórmula relacionada a um assunto estudado anteriormente. Esse método teria funcionado, caso considerassem o comprimento de onda. Como não o fizeram, não chegaram à resposta esperada. Em princípio, eu diria que eles propuseram uma hipótese para a solução do problema, testaram-na e como não deu certo, solicitaram minha ajuda.

Ao refletir sobre essa experiência, questiono-me se de fato os alunos formularam uma “hipótese” para a solução do problema, ao lançarem mão da fórmula matemática. Segundo Praia, Cachapuz e Gil-Perez (2002), trabalhar com hipóteses requer “grande capacidade criativa”, “bom fundo teórico” e “espírito crítico”, requisitos que os modelos mais tradicionais no ensino de Física e de matemática, pouco contribuem para desenvolver. Para esses autores,

Uma vez formulada a hipótese torna-se necessário, em seguida, a sua confirmação. Duas vias são possíveis. A confirmação positiva e a

negativa. No entanto, há que ter presente que o processo de confirmação positiva nada nos diz sobre a verdade da hipótese, já que esta pode ser falsa, mas confirmada. Porém, uma sistemática e persistente confirmação positiva pode ajudar a tornar o trabalho científico mais apoiado e fazer progredir o programa de investigação a ele associado [...].

Trata-se de uma perspectiva que exige dos alunos grande capacidade criativa, assim como um bom fundo teórico e espírito crítico. Se é certo que o professor tem que providenciar essa excelente formação teórica, incitar a diferença e o pensamento divergente, para levar a descobrir o que não é esperado, não é menos certo que a exigência conceitual a par de processos científicos de elevada complexidade tornam as situações de aula algo difícil. Para se mobilizar tais competências, capacidades e atitudes com eficiência, torna-se necessário conhecer bem o contexto em que se opera e, neste sentido, o domínio dos conteúdos científicos é um requisito fulcral para que tal possa acontecer (PRAIA, CACHAPUZ e GIL-PEREZ, 2002, p. 127-145).

Nessa perspectiva, preferi considerar que os alunos fizeram uma tentativa de resolução do problema, mas não chegaram de fato a formular uma hipótese.

Eles pareciam caminhar muito mais na linha da "tentativa e erro", esperando que numa dessas tentativas, encontrassem a resposta esperada.

Para ser considerada uma "hipótese", eles teriam que ter um modelo explicativo que fundamentasse o uso da fórmula. O passo seguinte seria resolver o problema usando a tal fórmula, esperando que a hipótese se confirmasse. Presumo que tenham usado a fórmula movidos pela expectativa de que problemas em Física são resolvidos a partir de formulações matemáticas. Nesse momento, é importante ressaltar que o erro tem uma importante função nesse processo, sendo, muitas vezes, mais importante que um acerto, pois traz à tona a fragilidade de alguns modelos explicativos e algumas lacunas de conhecimento, que poderão ser supridas nas etapas seguintes do processo de aprendizagem.

Após certificar-me de que os grupos haviam resolvido o problema, iniciei uma discussão por meio de perguntas do tipo: “Como vocês procederam para resolver o problema?” Era importante que houvesse a participação do maior número possível de alunos.

Neste momento, o que estava em questão eram os caminhos percorridos até a solução do problema. Em seguida, encaminhei a reflexão em busca das causas do fenômeno discutido. Esse momento de estabelecimento de relações causais é fundamental para a articulação dos conceitos e compreensão dos processos.

Por meio de atividades problematizadoras dessa natureza é possível ajudar os alunos a passarem da ação especulativa, em que eles apenas imaginam o que aconteceria para a ação intelectual, quando eles agem racionalmente e propõem modelos explicativos para o fenômeno, estabelecendo assim relações causais, o que leva a uma ampliação do conceito.

Observei nesse momento que eles sentiam a falta de algum termo científico para encaixar em sua explicação, de modo que surgia constantemente espaço para ampliar o vocabulário. Desse modo, além do conceito em questão, eles ampliam também o uso da linguagem científica.

O momento final foi a sistematização individual do conhecimento. Após a discussão, cada aluno fez o seu registro individual, que foi entregue a mim.

As soluções propostas pelos alunos pautavam-se na ideia de que a onda transporta matéria, como nos exemplos abaixo:

Aluno A03: “A onda do mar transporta a matéria sim porque as coisas são arrastadas para o fundo ou para a areia”.

Aluno B23: “Sim, é a onda que arrasta o surfista, porque se não como pegar onda surfando”.

Aluno A05: “A onda do mar transporta matéria, por isso dá pra pegar jacarezinho”.

As falas dos alunos tanto na turma A quanto na turma B, a exemplo das reproduzidas acima, indicavam a concepção de que as ondas transportam matéria. A discussão se encaminhou com a minha intervenção, evidenciando uma característica especial das ondas do mar, que é a perda brusca da profundidade e o consequente atrito com a areia da camada inferior, que faz com que a onda se quebre, causando a movimentação das águas. Os estudantes foram questionados acerca do momento ideal para que o surfista comece a “pegar a onda”, ao que responderam:

Aluno B16: “só dá pra pegar quando ela ta quebrando”.

Aluno A15: “é na hora da quebra, professora”.

A partir dessas e de outras falas, expliquei que no momento em que a onda se “quebra”, deixa de ser apenas uma perturbação oscilante, ou seja, o fenômeno físico conforme estamos estudando, e começa ser capaz de transportar matéria. Com a

intenção de provocar os alunos para a próxima atividade, introduzi mais um questionamento: “quando estamos no mar, mais um pouquinho para o fundo, antes do local onde as ondas costumam quebrar, o que nos acontece quando ela passa?”

As respostas dos alunos foram muito próximas do que constatou o aluno:

B09: “ela levanta e abaixa a gente, a gente sobe e desce”.

Em seguida foi exibido um filme<sup>3</sup> disponível num canal de vídeos da Internet, que tratava do comportamento das torcidas nos estádios de futebol. A partir do vídeo, foi analisado o movimento das pessoas, enquanto faziam a chamada “ola”. Alguns dos comentários dos alunos foram:

Aluno A26: “Ah, sobe e desce, igual a onda do mar antes de ser onda do surf”.

Aluno A30: “sobe e desce também professora, sem sair do lugar, igual a da praia quando passa pela gente”.

A partir dessa discussão, cuja intenção foi evidenciar a propagação de uma perturbação sem ocorrência de transporte de matéria e somente transporte de energia, encaminhou-se para o movimento da perturbação sem transporte de matéria<sup>4</sup>, encaminhou-se para a discussão das características do movimento ondulatório com alusão a pulso, sequência de pulsos e ondas na corda.

Na aula seguinte, após a retomada de conceitos, foi proposto a resolução de alguns exercícios, dentre os quais, um de natureza mais conceitual, que trazia a questão do transporte de matéria em uma onda na corda. Esta questão, solicitava aos alunos justificar o erro na argumentação de um menino que via uma foto de uma onda na corda e alegava que um determinado ponto se deslocava da esquerda para direita e para baixo. Esta questão conceitual buscava saber se o estudante relacionaria o movimento do ponto, mencionado na fala do personagem, ao transporte de matéria.

Esperava-se com isto verificar se os alunos haviam construído a ideia mais próxima do modelo cientificamente aceito, de que a onda é a propagação de uma

---

<sup>3</sup> Material audiovisual de domínio público disponível em:  
<<https://www.youtube.com/watch?v=wGmB2HHYhUE>>. Acesso em: 15/01/2014.

<sup>4</sup> Em Física, uma onda ocorre quando uma perturbação se propaga sem que haja transporte de matéria, tratando-se, portanto, de uma característica do movimento ondulatório.



perturbação que ocorre sem transporte de matéria, mas somente com transporte de energia. Sobre isso algumas respostas:

Aluno 14: “ele errou ao dizer que o ponto da corda estava indo para direita e para baixo o certo seria dizer que o pulso se propagou e a direção da propagação é perpendicular à direção de vibração e ela se propaga para frente. E ele está errado ao dizer que o ponto P está indo para o vale, porque o ponto P permanece no seu lugar na horizontal sem se deslocar para frente ou para traz”.

Percebe-se na resposta do estudante que ele compreende que não há transporte de matéria, ao afirmar que o ponto “permanece no seu lugar na horizontal”. Além disso, ele utiliza a palavra “pulso” e define adequadamente o tipo de onda que ocorre na corda, quanto à direção de propagação (transversal), ao afirmar que sua propagação “é perpendicular à direção de vibração”.

Abaixo estão algumas respostas que exemplificam com clareza a característica do movimento ondulatório de não transportar matéria:

Aluno A30: “A onda se propaga da direita para esquerda é verdade e o ponto P não está indo para lugar nenhum, pois o ponto P, por se matéria, se movimenta só para cima e para baixo e a energia se propaga pra frente por vibração”.

Aluno A25: “O movimento correto é o movimento de vibração da energia que a onda transporta onde o ponto P sobe e desce só, mas com determinada frequência”.

Aluno B10: “Não está correto, pois só tem propagação de energia e não propagação de matéria ele só sobe e desce”.

Aluno B12: “Segundo relato do menino, o ponto P se deslocou para esquerda e para direita. Esta afirmação está incorreta, pois uma onda mecânica não pode transportar matéria, o movimento que ele faz é para cima e para baixo”.

Aluno B14: “O ponto não se move pois a onda não transporta matéria”.

Aluno B24: “A sua observação está errada. Como a corda não pode transportar matéria o ponto faz o movimento de subir e descer, essa é a observação certa”.

Embora reconhecendo as eventuais dificuldades que uma abordagem problematizadora em sala de aula pode proporcionar, pois nem sempre é possível prever e controlar o andamento da aula, exigindo do professor muito mais flexibilidade e capacidade de promover a interlocução com e entre os estudantes, eu diria que esta foi uma experiência muito enriquecedora.

### **PASSO 3: Apresentação do conteúdo promovendo a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa**

Na terceira aula, foram devolvidos aos estudantes os diagramas e os esquemas que eles fizeram na primeira aula. A partir de seus registros, foram trabalhados os conceitos de oscilação, ciclo, período, frequência, amplitude e comprimento de onda, com evidência às relações entre período e frequência. É importante registrar que o intervalo de proficiência para o descritor “relacionam frequência, período, comprimento, velocidade de propagação e amplitude de uma onda entre frequência, período” (ESPÍRITO SANTO, 2014, p.32), é alto e está entre 450 e 500.

Ao término da aula, a atividade foi complementada com um exercício conceitual e dois exercícios matemáticos, encontrados na SD, (Apêndice, Atividade 1), estes relacionavam principalmente frequência e período.

A realização dos exercícios ocorreu em trabalho colaborativo, mas mostrou envolvimento de todos os componentes.

Abaixo descrevo alguns aspectos que foram evidenciados na aplicação dos exercícios matemáticos.

Das atividades matemáticas propostas, durante o trabalho colaborativo, em pequenos grupos de dois a quatro estudantes, três alunos da turma B, B11, B17 e B21, relacionaram o gráfico da função  $f(x) = \sin x$ , com os gráficos apresentados nos exercícios de período e frequência, indicando semelhança nos gráficos.

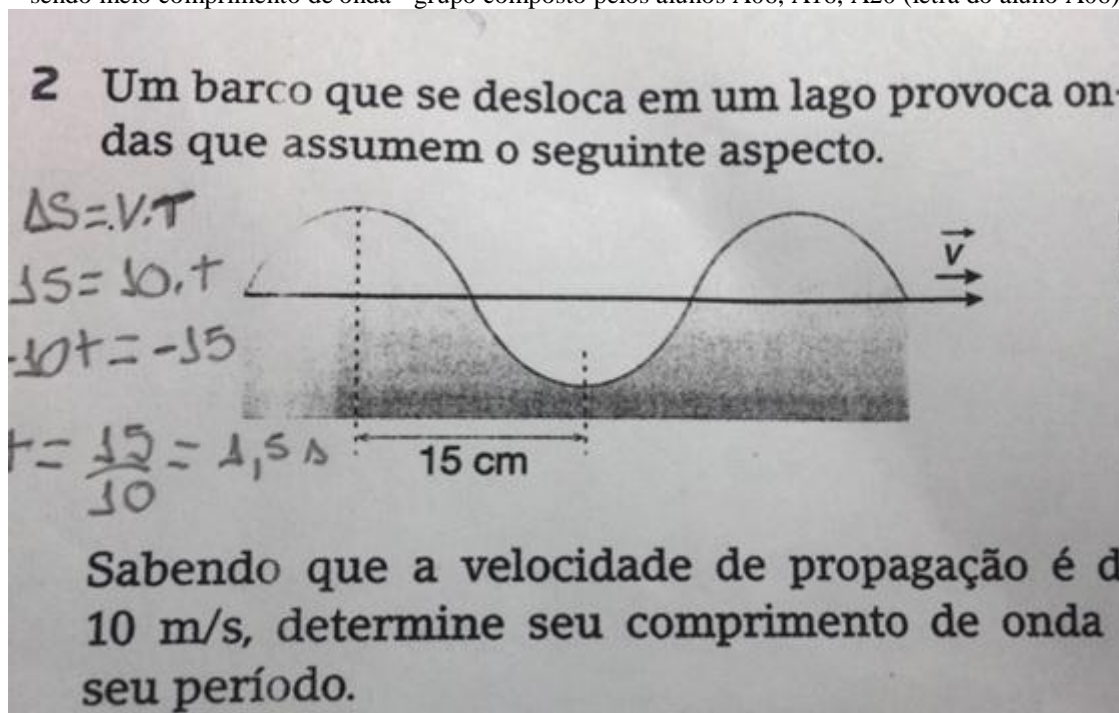
Eles estavam sentados em grupo e haviam chegado a um consenso de que “*agora sim estudar aquele monte de ondinha faz sentido*” (Aluno B17). Esse grupo sinalizou que conhecimentos já estabelecidos na estrutura cognitiva estavam se relacionando com a nova aprendizagem e essa possível recombinação de elementos previamente existentes é, por definição, em termos cognitivos, a reconciliação integrativa (MOREIRA, 2011). Outros alunos não conheciam, ou não se lembravam da função seno, mas acharam interessante conhecer uma aplicação para uma função que sozinha não teria significado. A inferência de um possível interesse ocorreu com base nos registros das discussões e no relato do meu próprio diário de campo, como no trecho que se segue:

“Fiquei muito surpresa com a relação que o grupo composto por B11, B17 e B21 tenha relacionado os gráficos das funções trigonométricas,

particularmente a função seno, com os gráficos das atividades da aula de hoje e após discutirmos isso no pequeno grupo, eu pedi que eles falassem ao grande grupo, tal qual deve ser a atividade colaborativa e meio com vergonha o aluno B21, falou que ele e os colegas acharam que aquele gráfico era de uma função trigonométrica, pois ele se repetia com o passar do tempo e muitos comentários da turma me deixaram feliz, como “até que enfim essas coisas difíceis da matemática servem para alguma coisa”; outros “eu não estudei isso”; “foi a professora [...] que deu isso pra você?”, pois uma parte do grande grupo sinalizava ter achado um sentido físico para os gráficos matemáticos”.

A equação de onda havia sido trabalhada durante a exemplificação, na resolução dos exercícios, mas o interessante é que um grupo de alunos, composto por dois grupos menores que resolviam a questão do gráfico em trabalho colaborativo, tentou resolver o exercício utilizando a equação do movimento uniforme.

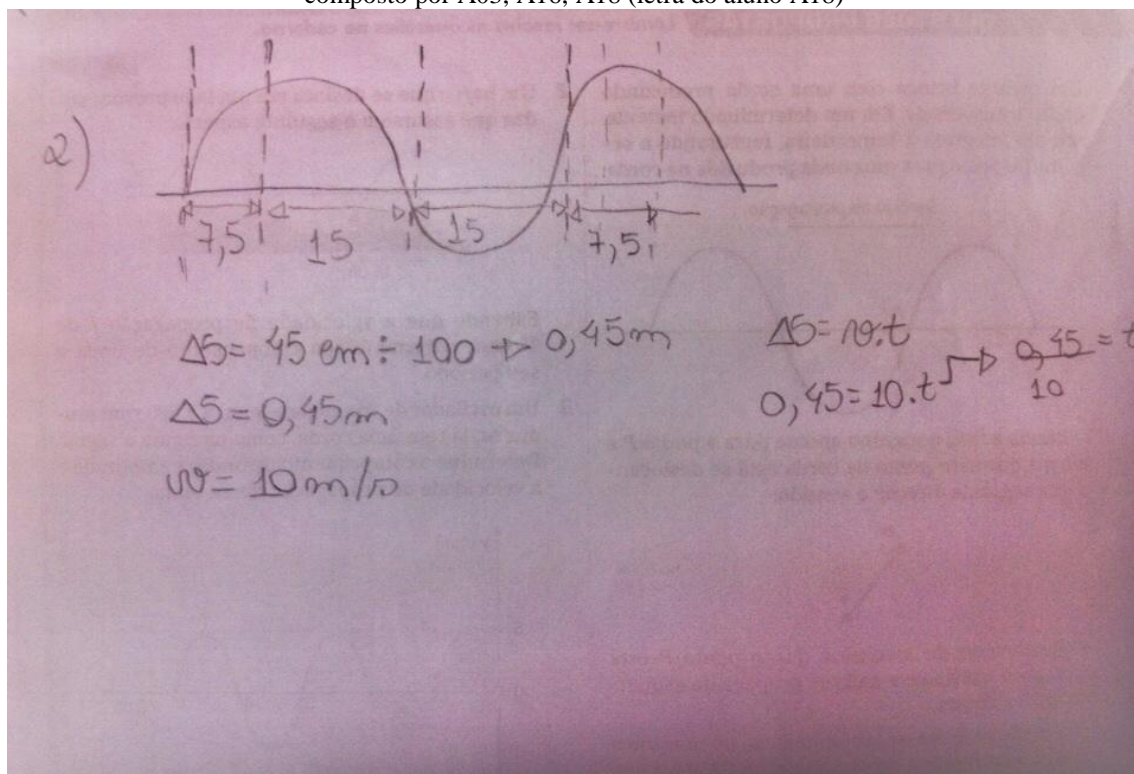
Figura 6 - Resolução do exercício utilizando a equação do movimento uniforme com valor da distância sendo meio comprimento de onda - grupo composto pelos alunos A06, A16, A20 (letra do aluno A06)



Fonte: Acervo da pesquisadora

A proposta do problema era achar o valor do comprimento de onda e do período a partir do gráfico, mas estudantes não lograram êxito no cálculo do período, pois utilizaram o valor da distância errado. Um grupo utilizou meio comprimento de onda e o outro todo comprimento da figura, tendo calculado esse valor somando vários pedaços de meio comprimento de onda.

Figura 8 - Resolução do exercício utilizando a distância como todo comprimento da onda, grupo composto por A03, A16, A18 (letra do aluno A18)



Fonte: Acervo da pesquisadora

Neste episódio, percebe-se claramente a ocorrência do processo de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, na medida em que os estudantes ampliam progressivamente a sua percepção sobre as possibilidades de aplicação das formulações matemáticas referentes ao movimento uniforme, ao mesmo tempo em que a integram ao conceito de onda, o que demonstra que são capazes de distinguir o conceito mais geral e os mais específicos a eles relacionados (MOREIRA, 2011; 2013).

Na ideia inicial, calcular o tempo era simplesmente aplicar uma fórmula em que a medida da distância seria dividida pela medida da velocidade. E foi isso que inicialmente eles fizeram. Com base em informações contidas no desenho fizeram as contas. No entanto, não deu certo. Ou seja, esse caminho não foi suficiente para resolver o problema. Então, eles quiseram saber por que não dava certo, uma vez que a onda tinha uma velocidade de propagação que não variava e, portanto, deveria obedecer às mesmas “equações”.

Este erro não fez com que os estudantes abandonassem a utilização da equação do movimento uniforme e simplesmente a trocasse pela equação fundamental da

ondulatória, ao contrário, fê-los buscar uma solução. Então, eu interfeiri, minimamente, sem dar respostas prontas, “questionamentos ao invés de respostas prontas” (MOREIRA, 2011). A conversa em um dos grupos se desenrolou da seguinte forma:

Professora: “o que vocês estão procurando no exercício?”

Aluno A06: “o período”;

Professora: “então, o que é o período?”;

Aluno A20: “o tempo que demora um ciclo”;

Aluno A16: “o tempo para dar uma volta completa”;

Professora: “Na onda, o que é esse ciclo ou uma volta completa?”;

Aluno A06: “já saquei, o comprimento de onda”;

Aluno A20: “é mesmo, então se a gente fizer com a distância de um comprimento de onda vai dar certo?”.

Estes estudantes resolveram a questão da forma inicial que propuseram e também a fizeram utilizando a equação fundamental da ondulatória.

Figura 9- Resolução do exercício utilizando equação do movimento uniforme e equação fundamental da ondulatória, grupo composto por A06, A16, A20

Handwritten student work showing two methods to solve for frequency:

**Left side (Uniform Motion):**

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad v &= 30 \text{ m/s} \\ \Delta s &= 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m} \\ \Delta s &= v \cdot t \\ 0,3 &= 30 \cdot t \\ -30 \cdot T &= -0,3 \\ 30t &= 0,3 \\ t &= \frac{0,3}{30} = 0,03 \\ \text{Período} &= 0,03 \text{ s} \\ f &= \frac{1}{T} \\ f &= \frac{1}{0,03} \\ f &= 33,3 \text{ Hz} \end{aligned}$$

**Right side (Wave Equation):**

$$\begin{aligned} v &= \lambda \cdot f \\ 30 &= 0,3 \cdot f \\ -0,3f &= -30 \\ f &= \frac{30}{0,3} = 33,3 \text{ Hz} \\ f &= \frac{1}{T} \\ 33,3 &= \frac{1}{T} \\ 33,3 \cdot T &= 1 \\ T &= \frac{1}{33,3} = 0,03 \end{aligned}$$

Fonte: acervo da pesquisadora

O conceito de movimento da onda foi provavelmente expandido, diferenciado e integrado ao conceito de movimento uniforme, pois os estudantes mostram indícios de que perceberam relação entre eles de “modo a vê-los como manifestações de um conceito mais abrangente” (MOREIRA, 2010, p.19). O comprimento de onda, como o

aluno A06 reconheceu, foi associado à distância que a onda percorre em uma volta completa, bem como o tempo para se completar essa volta foi associado ao período.

Embora a discussão e a forma de resolução dos estudantes tenha sido interessante para a professora, observou-se que boa parte dos estudantes encontrou dificuldades em realizar operações simples de matemática. Compreendiam os elementos da fórmula apresentada, mas alguns não conseguiam desenvolver as operações aritméticas simples da equação fundamental da onda.

Considerando o princípio básico da diferenciação progressiva para a organização da matéria de ensino, o conteúdo abordado deve começar dos aspectos mais gerais, avançando ao longo das aulas para os mais específicos e inclusivos, em nível crescente de aprofundamento dos conceitos (MOREIRA, 2011).

Este processo foi claramente perceptível em relação às noções de tempo e período, por exemplo, que em princípio, estavam muito confusas. Ou seja, o problema solicitava o período e eles calculavam o tempo que uma propagação demoraria a percorrer toda a figura da onda, mas após serem “induzidos a lembrar” da definição de período, atentaram para diferença entre eles e associaram o período ao tempo de um ciclo e, portanto, de um comprimento de onda.

Além da aprendizagem dos conceitos de período, comprimento de onda e ciclo e da associação destes com a distância percorrida no tempo, a base fundamental neste caso foi a percepção por parte daquele grupo de que a propagação da onda percorre uma distância, em um determinado tempo, tal qual acontece no movimento uniforme, mas que em um ciclo, essa distância corresponde a um comprimento de onda e esse tempo seria então o período.

Na oitava aula, foram propostas atividades que estimulavam a ampliação dos conceitos de amplitude, comprimento de onda e velocidade da onda. Para tal, foi utilizado como problematização inicial um vídeo<sup>5</sup> de domínio público sobre tsumami e após a sua exibição, foi feita uma breve exposição oral sobre o fenômeno de refração, relacionando a mudança de velocidade com a mudança de profundidade e densidade do meio. É importante ressaltar a observação registrada no meu diário de campo acerca deste episódio:

---

<sup>5</sup> Material audiovisual disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=bx1khXB4SPY>>. Acesso em: 25/01/2014.

“Os meninos não tiveram dificuldades em relacionar o tamanho da onda com a amplitude, bem como a distância entre as cristas com o comprimentos de onda”, o que evidencia a associação feita pelos estudantes entre o ganho de altura à amplitude com a redução da distância entre as cristas (chamada de “pico” por eles) a outra, o que foi facilmente associado à amplitude e ao comprimento de onda, respectivamente. Tal associação pode indicar que os conceitos “comprimento de onda e amplitude” podem ter atribuído novo significado ao tsunami”.

Todavia, a constatação da diminuição da velocidade não foi uma conclusão fácil para eles. Somente 2 alunos da turma B e 1 aluno da turma A, sugeriram que a onda diminuía sua velocidade, argumentando que:

Aluno B17: “se ela aumenta de tamanho, ela diminui a velocidade”.

Aluno B22: “é, o professor do ano passado disse isso, a gente estudou conservação de energia, eu gostei muito por causa da montanha russa, eu lembro que ele brincava com os desenhos dizendo que se o carrinho tá lá em cima ele tem energia potencial e quando ele desce ele vai tendo cinética”.

Outros concordaram afirmando que lembravam de “uma parada assim mesmo” (aluno B10). Alguns se manifestaram alegando, a exemplo do aluno B12,

“professora você não viu o que aconteceu naquele lugar lá do Japão? Lá uma onda rápida matou um monte de gente e foi até para a usina”.

Na turma A a aluna A14 afirmou:

“deve perder mesmo Grazy, porque se ela ganha altura ela tem mais energia gravitacional que vem da cinética”.

Os outros estudantes dessa turma não se manifestaram a favor, continuaram afirmando, tal como o Aluno A09, que “a onda é rápida para acabar com tudo na praia”.

A associação dessa discussão com o conceito de energia, mesmo que por parte de poucos alunos, indicou que estes provavelmente relacionaram a ideia de mudança de velocidade em uma onda devido a perda de profundidade, no caso: a refração, aos conceitos que possuíam de energia potencial, energia cinética e conservação de energia mecânica, o que possivelmente caracteriza a diferenciação progressiva, na medida que o subsunção “conservação” vai se tornando mais elaborado, como também a reconciliação integrativa, quando perceberam o princípio da conservação intimamente relacionado à situação do tsunami e logo da onda.

Após a discussão, que durou aproximadamente meia aula, os estudantes receberam um texto informativo intitulado “O poder destruidor do tsunami”, com a proposição de duas questões, uma de caráter mais conceitual e outra que exigia uma

análise quantitativa. As respostas deveriam ser entregues ao final da aula. A leitura e a realização das atividades ocorreu em forma de trabalho colaborativo. Após a leitura do texto os estudantes responderam à questão que indagava quais grandezas físicas de uma onda eram alteradas e também qual o fenômeno que ocorria em função da diminuição da profundidade, quando ela se aproximava da zona de arrebentação, próxima à praia. Nas respostas apareceram indícios que confirmam a diferenciação progressiva em relação aos conceitos de amplitude, comprimento de onda, velocidade e refração, agora associados aos tsunamis.

Algumas respostas dos estudantes que corroboram essa afirmação:

Aluna A18: “ocorre a refração quando a onda chega perto da praia porque vai ficando raso e a velocidade diminui a amplitude aumenta e o comprimento de onda fica pequeno.”

Aluna A29: “a profundidade muda rapidamente deixando a onda maior, com amplitude maior e comprimento de onda menor e a velocidade diminui por causa do raso e é a refração.”

Aluno A31: “de quando sai do lugar que surgiu o terremoto, a onda vai ficando mais lenta, diminui velocidade e dando a refração, a amplitude vai aumentando disso é legal porque um barco perto do lugar que começou a tsunami não vai sentir a onda levantar ele porque ele vai subir na amplitude pequena que fica grande quando vai chegando perto da praia e uma onda também vai ficando mais e mais pertinho da outra quando vai chegando a praia e aí o comprimento de onda fica menor”.

A resposta do estudante A31 demonstrou algo que chamou a atenção das turmas ao longo da leitura e das discussões entre seus pares, reforçado pela observação da professora/pesquisadora, de que mais próximos ao epicentro do terremoto é possível que um barco não tenha sentido o passar do tsunami, devido à pequena amplitude.

Ainda na turma A, mesmo após o texto evidenciar a diminuição da velocidade, apareceram duas respostas afirmando o aumento da velocidade, mas explicando corretamente todas as alterações das outras grandezas.

Na turma B as respostas foram similares, todavia surgiram associações entre conservação de energia em quatro delas, provavelmente consequência da discussão anterior à leitura do texto:

Aluno B04: “difração que perde velocidade, energia cinética, ganha amplitude, energia potencial e o comprimento de onda fica menor”.

Aluno B17: “amplitude maior, com energia de altura maior e energia de movimento menor com velocidade menor, o comprimento de onda



também é menor e isso que acontece com a onda perto da praia é exemplo de difração”.

Aluno B22: “quando vai ficando raso, a onda atrita com o solo por isso fica mais pesada e gorda em cima e embaixo mais fraca por isso ela quebra, quando ela vai aproximando da praia, perde energia de movimento que ganha na vibração que o abalo sísmico passa para o mar e como perde energia de movimento, perde velocidade e ganha energia de altura, aumentando a amplitude da onda que fica mais juntinha com o comprimento de onda menor. É chamada difração isso de perder velocidade que a onda tem quando fica raso”.

Aluno B24: “difração é o nome e energia cinética menor com velocidade menor. A amplitude aumenta e o comprimento de onda diminui”.

O Aluno B22 explicou o porquê da onda quebrar, e aí apareceu o conceito “atrito” associado ao conceito “onda”, indicando que além da energia potencial e cinética esse fator pode ter sido também integrado à compreensão do fenômeno em questão quando associado à arrebatada de ondas na praia. O aluno B24 não citou energia potencial gravitacional, mas fez correta associação entre a energia cinética e a velocidade.

Outros momentos ocorreram ao longo da aplicação da UEPS com a produção de material pelos estudantes, mas somente alguns foram objetos de análise, em especial aqueles que permitiam apreender indícios da construção do conceito de onda, sua diferenciação e integração. Nota-se que o conceito foi sendo modificado e ampliado aos poucos, ao longo de todas as aulas e, portanto, no transcorrer de todas atividades. Sendo assim, mesmo optando-se por não analisar todas as atividades realizadas pelos estudantes ao longo da SD, é importante detalhar o que ocorreu durante a condução do processo, para que o leitor tenha a visão do todo. Retomou-se a partir da quinta aula os aspectos mais gerais dos assuntos anteriores. Esta conduta parecia estar de acordo com os princípios defendidos por Moreira (2011) ao afirmar que “as ideias gerais e inclusivas devem ser retomadas periodicamente favorecendo assim sua progressiva diferenciação. É um princípio compatível com a progressividade da aprendizagem significativa” (MOREIRA, 2011, p.5). O meio empregado para proporcionar o aprofundamento do conceito ou a sua retomada com maior nível de complexidade foi o

recurso computacional dos OA do PhET<sup>6</sup>, que os estudantes puderam manipular livremente em duplas ou trios e depois orientados por um roteiro, na sala de informática, através da interação com um experimento virtual de uma onda em uma corda esticada (*wave on a string*), que permitia a produção de pulsos e o controle da força de tração, amplitude e amortecimento da corda cujas variações permitiam ao estudante analisar a velocidade de propagação do pulso e consequentemente da onda. Esta atividade durou três aulas, das quais 2 foram geminadas e envolveu socialmente os estudantes em trabalho colaborativo, com a mediação da professora, principalmente após a proposição da atividade de preenchimento do roteiro, que requeria a proposição de um método para a solução de problemas com níveis crescentes de complexidade.

É importante ressaltar que este experimento permitia aos estudantes optarem se a extremidade da corda ficaria fixa ou solta, possibilitando a ocorrência de reflexão ou interferência de pulsos e ondas. Com isso, era possível antecipar o contato com alguns conceitos, tais como pulso incidente e pulso refletido, que ainda não haviam sido abordados nas aulas. Os roteiros foram recolhidos ao término da aula.

Na nona aula, foram retomados conceitos, de pulso, reflexão, interferência, e também foram levantadas algumas questões, em forma de questionário para introdução do tópico som. A resolução ocorreu em forma de trabalho colaborativo, com discussão do pequeno e grande grupo, bem como algumas discussões e explanações em relação aos conceitos a serem aprendidos, observando a diferenciação progressiva aplicada ao contexto da matéria de ensino.

Dando continuidade à atividade, foi entregue um texto com o título “Softwares ajudam deficientes auditivos a ter percepção de ritmos”. Após leitura, que continuou ainda durante a décima primeira aula, os estudantes puderam opinar sobre o texto, retomar conceitos de perturbação, diferenciar ondas mecânicas de eletromagnéticas. Retomamos na décima segunda aula conceitos de frequência, velocidade e amplitude. A partir deles, foram introduzidos novos conceitos, como os de intensidade sonora, altura e timbre, ressaltando a diferença conceitual entre eles.

---

<sup>6</sup> OA – Objetos de Aprendizagem são materiais didáticos digitais, dentre os quais destacam-se as simulações produzidas para o ensino de física, tais como as protagonizada por Carl Wieman, laureado com o Prêmio Nobel de Física de 2001, é o PhET - sigla em inglês para Tecnologia Educacional em Física.

Na décima terceira aula, foram detalhados os aspectos mais gerais de altura, timbre e intensidade sonora. Para conceituar difração, foi solicitado a um estudante que saísse da sala e aguardasse atrás da parede. Com a porta aberta, outro estudante o chamou. Ao constatarem que o estudante que estava fora da sala conseguia ouvir o que se dizia dentro da sala, os alunos foram desafiados a estabelecer relações causais, a fim de elaborarem uma explicação para a situação observada, com base nos conceitos discutidos em aula. A conversa encaminhou-se para o contorno do obstáculo, propriedade da difração do som. A atividade foi concluída com a elaboração de mapas conceituais, que tinham o objetivo de verificar a sistematização dos conceitos e as ligações entre eles, feitas pelos estudantes.

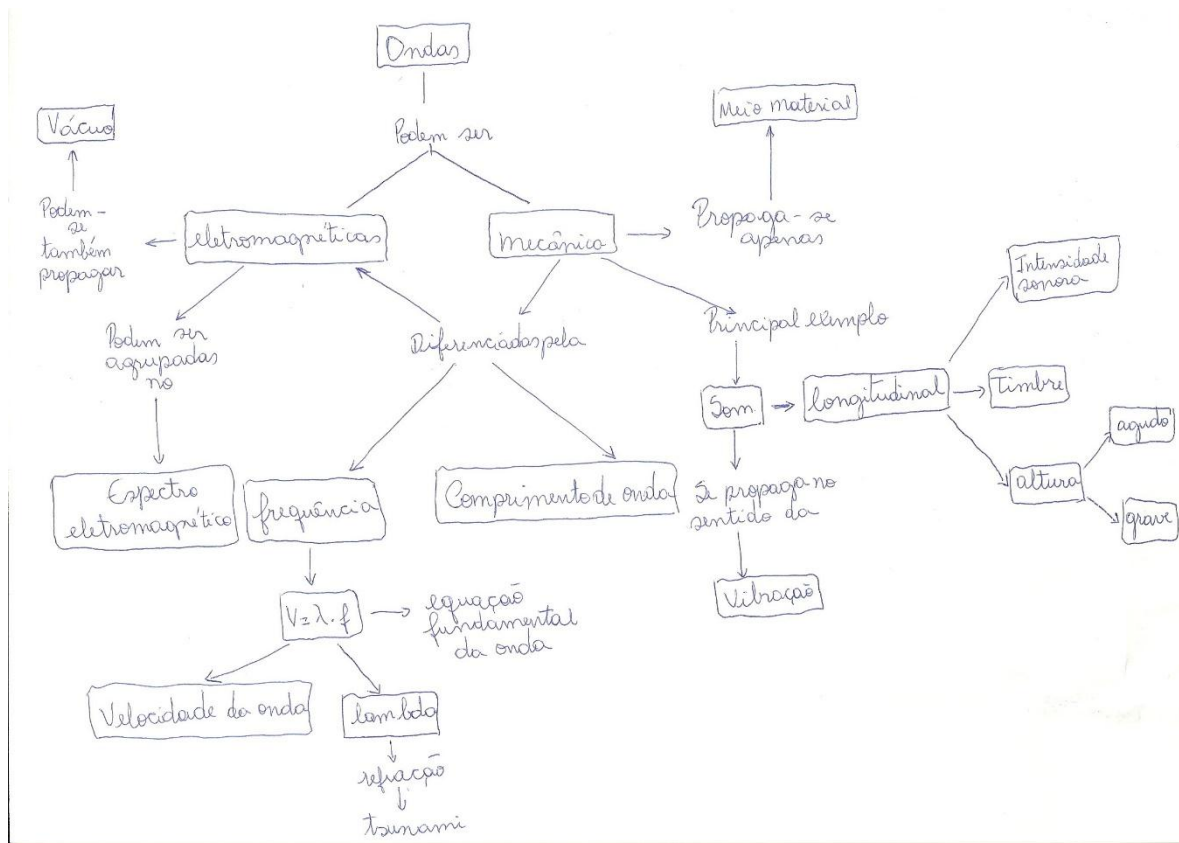
Em função da grande quantidade e diversidade de registros produzidos pelos alunos ao longo das 15 aulas, foram selecionados para análise apenas dois mapas, que exemplificam bem as relações entre os conceitos trabalhados em todas as aulas anteriores. Embora existam estudos que sugiram métodos de análise dos mapas conceituais, optou-se por um olhar transversal, menos atento aos requisitos de elaboração dos mapas conceituais e mais preocupado com as ideias expressas pelos estudantes. Essa opção se ancora no entendimento de que o mapa conceitual representa apenas um momento em todo esse percurso de aprendizagem, que é processual e dinâmico. Nessa perspectiva, é como se o mapa conceitual fosse uma “fotografia” de um dado momento de um processo dinâmico, que analisado de forma mais abrangente, seria como um “filme”, em movimento.

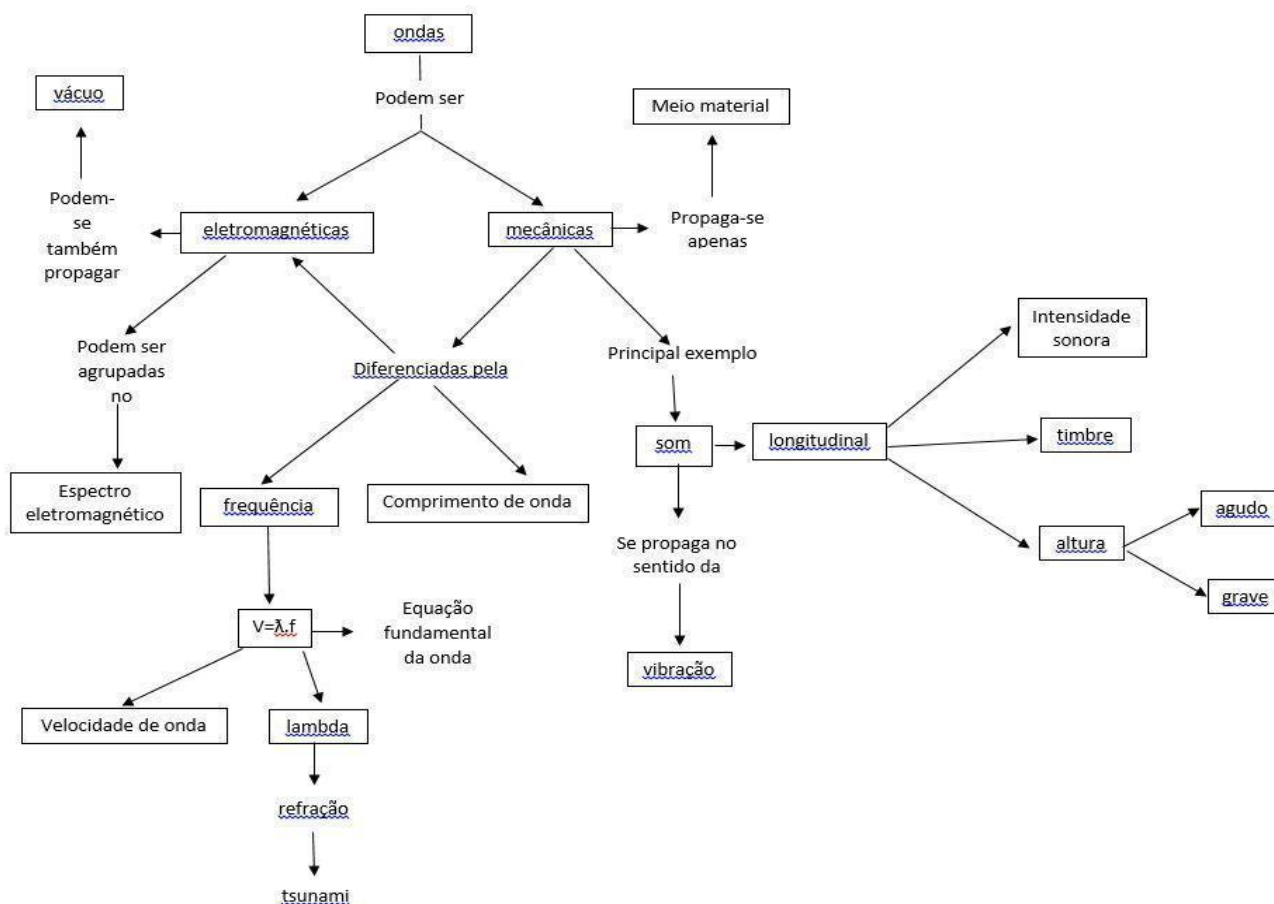
Depreende-se, portanto, que os mapas conceituais são instrumentos que traduzem um processo de sistematização das ideias. Assim, não faz sentido querer avaliá-los como se avalia um teste de escolha múltipla ou um problema matemático. A análise de mapas conceituais é essencialmente qualitativa. O professor, ao invés de preocupar-se em atribuir um escore ao mapa traçado pelo aluno, deve procurar interpretar a informação dada pelo aluno no mapa, a fim de obter evidências de aprendizagem significativa. (MOREIRA, 2010, p.24)

Nos mapas transcritos nas figuras 10 e 11, observam-se muitos dos conceitos que foram abordados ao longo da SD. Na figura 10, observa-se que o estudante A29

insere poucos elementos de ligação entre os conceitos, mas eles existem e demonstram uma hierarquia simples.

Figura 10- Mapa conceitual do aluno A29





Fonte: Acervo da pesquisadora

Sobre os elementos de ligação, Moreira (2010, p.14) destaca que “a ausência de conectivos entre os conceitos pode indicar dificuldades em encontrar palavras-chave para expressar as relações entre os conceitos”.

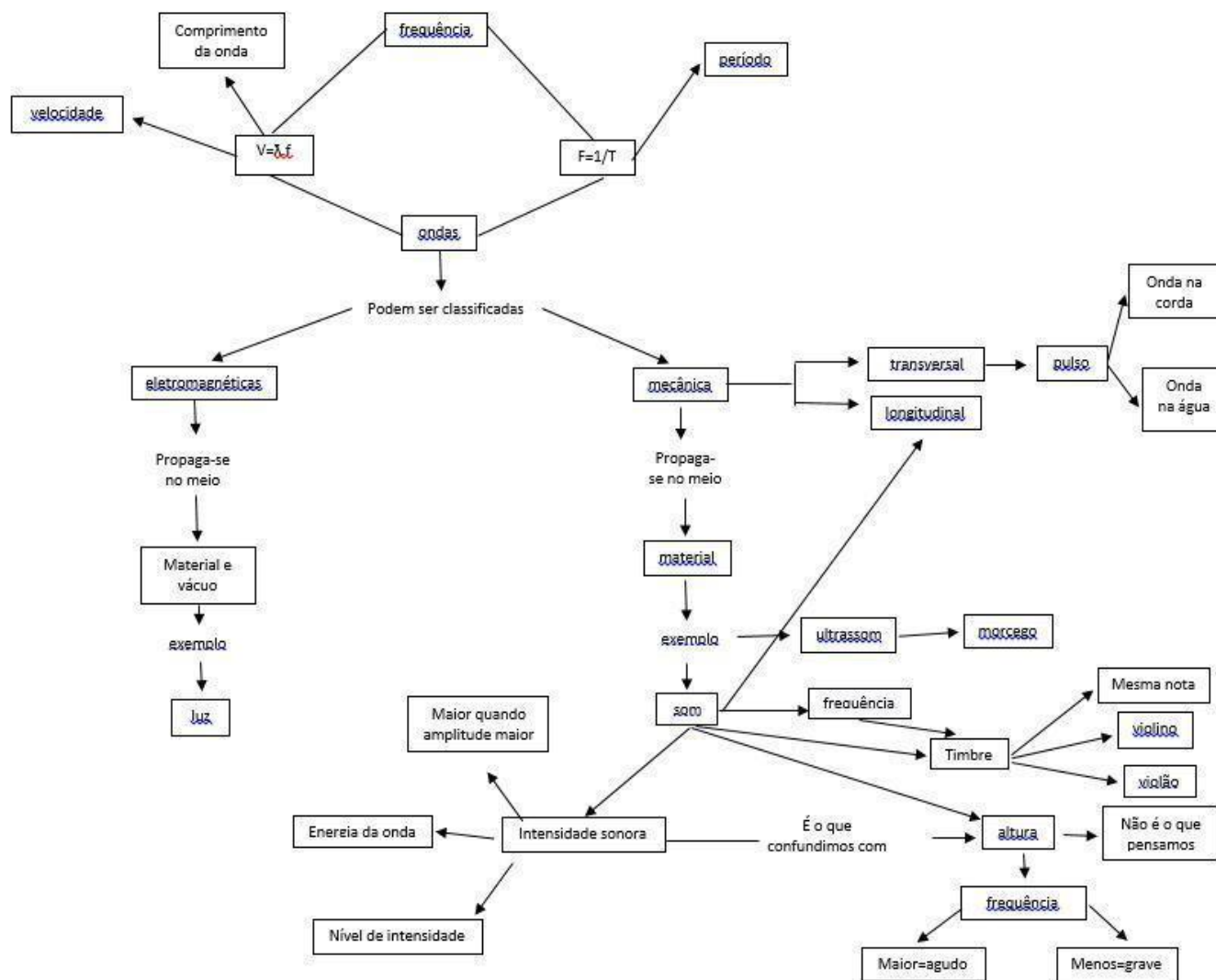
Pode-se observar que o estudante A29 diferencia corretamente as ondas eletromagnéticas das ondas mecânicas, quanto à necessidade ou não de matéria para se propagar. Além disso, cita o som como principal exemplo (caráter conotativo) de ondas mecânicas, atribuindo corretamente o sentido de vibração em relação à direção de propagação. No caso, ele classifica o som como onda longitudinal e afirma que “se propaga no sentido da vibração”. Fisicamente, ele define uma onda quanto à direção de propagação, em que a vibração do meio ocorre no mesmo sentido da propagação. Ao citar timbre, altura e intensidade sonora em terceira hierarquia, atribui as qualidades fisiológicas do som. Associa ainda à altura grave e aguda em quarta hierarquia

indicando que provavelmente distinguiu o conceito de altura, conforme entendido popularmente, do novo conceito, mais próximo do modelo cientificamente aceito, segundo o qual a altura passa a depender da frequência.

Outros conceitos como o “espectro eletromagnético” pode indicar que o estudante buscou informações suplementares sobre o assunto, pois nas aulas somente foi abordada superficialmente a diferença entre as ondas eletromagnéticas e as ondas mecânicas, quanto à necessidade ou não de meio material para se propagar. Este mesmo aluno associou refração ao comprimento de onda, à equação fundamental da onda e à frequência em uma hierarquia acima, mas ele não deixa claro se essa relação se deve à ocorrência da refração, já que cita o exemplo de tsunamis, em que a frequência permanece constante.

O mapa conceitual transcrito na figura 11, elaborado pelo aluno A17, também contém quase todos conceitos abordados nas aulas.

Figura 11 – Mapa conceitual construído pelo estudante A 17



Fonte: acervo da pesquisadora

No topo do mapa este estudante coloca a frequência e as fórmulas matemáticas associadas a ela e assim como o estudante A29, conceitos mais gerais como mecânica e eletromagnética, que caracterizam a onda quanto ao meio de propagação, são colocados como critério para diferenciar os tipos de onda e a partir do qual surgirão os outros conceitos. Este estudante também diferencia as ondas mecânicas quanto à direção de propagação e acrescenta como exemplo de onda transversal, as ondas na corda e ondas na água, como duas categorias diferentes de hierarquização a partir de pulso, necessário para causar a perturbação e assim gerar as ondas. Tal distinção entre ondas na corda e

ondas na água pode indicar que o estudante use como critério as direções em que se propagam, unidimensional, no caso da corda e bidimensional no caso da água. Este aluno também traz o conceito som, como exemplo de onda mecânica, evidenciando que a vibração ocorre no mesmo sentido da propagação. Ele não faz uma clara associação entre som e ultrassom, embora seja este um tipo de onda sonora que está fora do limiar audível. Associados a som aparecem as qualidades fisiológicas do som como intensidade sonora, com importante associação à energia da onda, evidenciando uma possível integração aos conceitos de energia. Ligando intensidade sonora à altura, aparece “é o que confundimos com”, o que demonstra que o estudante diferenciou seu conceito de altura. Ele distingue o modelo explicativo do senso comum daquele que mais se aproxima do modelo científico, reforçando esta ideia com a expressão “não é o que pensamos”.

Além disso, ligado ao conceito altura está o conceito de frequência, indicando que o estudante possa ter aprendido significativamente estes conceitos, a ponto de atribuir “menor=grave”, “maior=agudo”. O mapa analisado também aponta como qualidade fisiológica do som o “timbre” associando-o a instrumentos musicais como “violão” e “violino”. Ligada à onda eletromagnética aparece o exemplo da “luz”, o que pode mostrar indícios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa quanto ao conceito “luz”, nesse caso reconhecida como onda.

Embora reconhecendo as limitações das análises, trata-se de um “ensaio” que buscou um olhar sobre o processo de aprendizagem significativa numa dimensão processual em que os registros analisados integram um conjunto de dados produzidos em diferentes momentos da SD e as análises, de natureza qualitativa, levam em conta não apenas as produções escritas, mas também o olhar atento da pesquisadora *in loco*.

Ainda que seja uma perspectiva incipiente, que carece de aprofundamento teórico tenta inovar em relação aos trabalhos nesse campo, que comumente optam por fazer prioritariamente análises estatísticas ou a interpretação apenas de mapas conceituais para verificar a ocorrência da aprendizagem dos conceitos.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi produzido com o objetivo de investigar a ocorrência da Aprendizagem Significativa na perspectiva de Moreira, aplicando-se uma UEPS, na qual foram desenvolvidos os conceitos de ondas mecânicas: movimento harmônico, amplitude, ciclo, frequência, período, comprimento de onda, pulsos em cordas, som, refração, reflexão, difração e interferência.

As opções metodológicas mostraram-se adequadas aos objetivos propostos. A começar pela opção pela escrita autobiográfica, que me permitiu escrever, relatar o que vi, o que experimentei, o que refleti, o que registrei de diversas formas em quinze aulas de Física para alunos de duas turmas do segundo ano do ensino médio em uma escola de periferia da qual sou diretora.

As análises aqui desenvolvidas tomam por base os pressupostos teóricos sistematizados por Moreira (1983, 1999, 2000, 2006, 2008, 2011), à luz das teorias de David Ausubel, principalmente na criação de situações de sala de aula organizadas em forma de trabalho colaborativo, que priorizaram a interação, a troca, a negociação de significados numa relação triádica (aluno-professor-material instrucional), cuja função do professor é a de mediação, com o objetivo de “levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino” (GOWIN, Apud MOREIRA, 2011, p.3). Além disso, houve momentos em que constatei a relação quadrática (aluno-professor-material instrucional-computador), quando o computador não foi utilizado “apenas como material educativo” ou ferramenta para o ensino, mas sim como ambiente de aprendizagem.

A aprendizagem significativa pode ser entendida como o processo em que um novo conhecimento se relaciona com algum conhecimento especificamente relevante na estrutura cognitiva do ser que aprende, e a partir dessa interação passa dar significado pessoal, indiossincrático, a este novo conhecimento. Para sua ocorrência deve-se considerar o que o aprendiz já sabe (conhecimentos prévios) e, partir deste saber, orientar sua forma de ensinar. Caso o conhecimento prévio não possa ser facilmente identificado, pode-se utilizar organizadores prévios, em “nível mais alto de generalidade, inclusividade e abstração do que o material em si” (MOREIRA, 2008, p.289), para que ligue a ideias relevantes do aprendiz ao que se deseja ensinar. A AS

pressupõe dois processos dinâmicos que se relacionam: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. O primeiro ocorre quando o conhecimento já existente na estrutura cognitiva do aprendiz é modificado, a partir da interação com o novo conhecimento e o segundo ocorre quando, de forma dinâmica, o produto dessa associação se recombina na estrutura cognitiva com outros conhecimentos. No contexto da matéria de ensino, diferenciar significa organizar os tópicos a serem ensinados, iniciando-se do geral e diferenciando progressivamente até o mais específico, já a reconciliação integrativa significa “ensinar explorando as relações entre as ideias, conceitos, proposições e apontar similaridades e diferenças importantes, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes” (MOREIRA, 2013).

Os achados da pesquisa corroboram a necessidade de superarmos um ensino de Física mecânico, em favor de um ensino em que o aluno seja colocado no centro de seu processo de aprendizagem para romper com a forma clássica de memorização e reprodução. Neste processo, o professor deve ser um orientador, um condutor de um ensino que juntamente com o material instrucional busque facilitar, no sentido de mediar, a construção de significados compartilhados pela comunidade científica.

A produção de dados por meio de instrumentos usuais nas pesquisas de natureza qualitativa proporcionou uma grande diversidade de registros, testemunhos de experiências singulares e enriquecedoras em que pesquisadora e estudante foram beneficiados.

A Sequência Didática implementada atendeu aos objetivos, uma vez que o conceito de onda mostrou-se especialmente adequado ao estudo proposto, justamente por permitir a associação entre diversas ideias e contextos, além de integrar muitos outros conceitos físicos a ele relacionados.

Um dos objetivos específicos buscava ressaltar a importância da identificação e valorização dos conhecimentos prévios dos estudantes, que servem de pontes para a ampliação e aprofundamento de novas ideias. Nesse sentido, a identificação das ideias prévias dos estudantes por meio dos diagramas mostrou uma grande inter-relação entre ideias coexistentes, provenientes não apenas das vivências escolares dos sujeitos, mas também das suas experiências pessoais cotidianas, especialmente num contexto cultural em que o termo “onda” suscita tantas memórias, desde as lembranças prazerosas dos

dias de verão partilhados em família, como também a constatação de danos ambientais e de suas graves consequências para a população.

Nem sempre os conceitos científicos aparecem claramente especificados, sendo, portanto, função da educação em ciências, promover a inserção dos alunos nessa cultura.

O segundo objetivo específico pretendia destacar a relevância de uma abordagem problematizadora no ensino dos conceitos físicos, visando a promover o diálogo e as interações em sala de aula. Entendo que este objetivo foi atendido na etapa de proposição de problemas, quando emergiram como principais dificuldades enfrentadas o medo da resposta errada. Uma nova visão acerca do papel do erro no processo de aprendizagem e o trabalho colaborativo em grupo, em que todos participavam efetivamente, discutindo, ouvindo, rebatendo de forma respeitosa, uma proposta de resolução dos problemas foi a forma encontrada para superar esta dificuldade.

Tanto a pesquisadora como os alunos valorizaram essa abordagem problematizadora porque foi uma proposta que os envolveu, rompendo com a abordagem tradicional de ouvir e copiar. Na atividade, participaram até mesmo alguns alunos que não costumavam se envolver efetivamente.

Nessa perspectiva, posso inferir, com base nas pistas analisadas durante os estudos, que houve por parte dos alunos do ensino médio uma aprendizagem significativa em relação ao conceito de onda, porque ao longo da aplicação da UEPS as atividades demonstraram uma ampliação gradual do conceito, desde uma apresentação inicial de ideias desconexas, até o momento final, sistematizado por meio dos mapas conceituais, que demonstraram a diferenciação progressiva de conceitos gerais e específicos, bem como a integração entre eles, dando a entender que eram capazes de compreender o conceito numa dimensão mais ampla, aplicável a diferentes contextos.

Observa-se que as atividades propostas conferiram aos alunos um certo ganho de autonomia, expressa através da autoconfiança e iniciativa que passaram a demonstrar no transcorrer das atividades. Na medida em que eram desafiados, dependiam menos do direcionamento do professor para identificar novas possibilidades de solução.

Os últimos objetivos específicos diziam respeito mais propriamente à identificação de indícios da ocorrência da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa e, por fim, ressaltar o caráter dinâmico e processual da aprendizagem significativa, na qual os conceitos mais gerais diferenciam-se em conceitos mais específicos, que ganham novos significados e voltam a integrar-se constituindo conceitos cada vez mais amplos e complexos.

No transcorrer da investigação, fui percebendo que não apenas os alunos começaram a revelar indícios de uma aprendizagem significativa, mas posso dizer que, ao final dessa etapa do processo, o mesmo fenômeno ocorreu comigo.

Devido à proximidade da *eu-professora* com a *eu-diretora*, e mais recentemente, com a *eu-pesquisadora*, foi muito difícil separar os objetivos acadêmicos da pesquisa dos objetivos pedagógicos das intervenções em sala de aula e mais ainda desligar-me das funções de gestão. Quanto a isso é importante ressaltar que na etapa de implementação da sequência didática em sala de aula, procurei dedicar-me inteiramente às atividades inerentes à pesquisa, distanciando-me na medida do possível, dos outros papéis que me são atribuídos na escola na condição de diretora. Assim, não acompanhei a movimentação nos corredores ou no recreio, não recebi os alunos no horário de entrada, como de costume, não dei recado nas salas, não passei para supervisionar quaisquer atividades administrativas e solicitei aos professores e funcionários que não interrompessem as intervenções com qualquer assunto ou emergência relativa à gestão. Nisso fui prontamente atendida, de modo que o apoio da equipe técnica e do corpo docente da escola foi também um fator positivo que possibilitou a realização do estudo. Isto fez com que talvez, não isolasse dentro de mim a Diretora, mas a calasse por um tempo. Porém, não posso afirmar o mesmo em relação aos alunos, pois sabemos que em nossa cultura institucional, as relações de poder e hierarquia são muito marcadas.

Contudo, em sala, procurei ao máximo dar vida à professora\pesquisadora. Embora, em princípio, parecesse para os alunos que ali estava a diretora - o que ficava claro no modo como se comportavam, bem diferente do comportamento que costumam ter com os demais professores - também percebi que na medida em que desenvolvia o trabalho eles iam se envolvendo. Esta relação de distanciamento hierárquico deixava de existir, e passavam a dirigir-se A mim ora como “professora”, ora como “Grazy”, o que

denota certa intimidade, no plano das relações. Isto me tranquilizava e me dava a certeza de que a pesquisadora estava totalmente dentro da sala, dentro de mim e, principalmente, interagindo com toda a turma.

Como professora, voltar à sala de aula para trabalhar um conteúdo de ensino, foi gratificante e motivador. Percebi que meu lugar é realmente na sala de aula, vivendo aquela troca nas interações, nas observações da capacidade cognitiva de cada aluno. Gostaria realmente de estar lá todos os dias para “testar” meus planejamentos, para “experimentar”, trocar experiências e não só para preparar provas ou atividades. Todavia, há ainda necessidade momentânea de estar na direção...

Reviver este contato mais próximo com os alunos renovou-me as forças para continuar, porém com o olhar pedagógico, com o olhar da necessidade de, enquanto gestora, acompanhar mais de perto o que está sendo feito e como está sendo feito nas salas de aulas, a fim de que nossos alunos tornem-se de fato agentes de transformação social de suas próprias vidas e da comunidade em que estão inseridos. Para eles não basta que a escola ofereça uma infraestrutura material. Eles não precisam só de “escola com tecnologia”, de “escola limpa, bonita e segura”. Eles estão lá por outro motivo, mesmo que não saibam, que não reconheçam. Eles estão lá para aprender e cabe a mim, como aos demais professores, motivar e envolver a equipe pedagógica de forma que esse direito à educação de qualidade não continue sendo oferecido parcialmente, mas seja garantido em sua totalidade. Com toda a aprendizagem trazida por esse trabalho, agora é hora de planejar o futuro e promover mudanças, ainda desse lugar de gestão.

Embora o trabalho dos homens e das mulheres no sentido de melhorar o seu mundo esteja vinculado às condições materiais de sua época, é também afetado pela capacidade humana de aprender com o passado, imaginar e planejar o futuro (VYGOTSKY, 1998, p.172).

Este projeto expressa todo o meu crescimento profissional e pessoal ocorrido na trajetória deste mestrado profissional, até a finalização desta dissertação. Ele é só uma pequena parte, uma sugestão de intervenção bem recebida pelos alunos, conforme relatado nas falas deles. Meus próprios valores, minha visão dos estudantes, dos movimentos que ocorrem nas salas de aula e da formação docente foram confrontados e ressignificados pelas leituras, debates, discussões sobre os textos lidos, diferentes perspectivas dos autores e experiências vividas tanto na sala de aula, quanto na biblioteca, nos cafés dos intervalos no Laboratório de Modelagem Ocupacional

(MODELAB) da UFES ou na cantina, ou ainda nos lanches da mesa do shopping após a aula. Esse aprendizado se deu de forma gradual, tendo na mediação de meus interlocutores, dentre os quais os autores com quem dialoguei um elemento fundamental.

Por isso, embora tenha chegado a esta etapa final do curso, considero este projeto inconcluso. Antes, encerro essa etapa vislumbrando novos horizontes a serem explorados, quem sabe, em novas possibilidades de reflexões e estudos futuros.

Dentre as questões que eu gostaria de aprofundar ressalto a investigação da ocorrência da aprendizagem significativa em alunos com necessidades educativas especiais. E como possibilidades de desdobramentos futuros da temática investigada, penso em aprofundar o conceito de aprendizagem significativa, a partir da ótica de outros autores, numa perspectiva histórico-cultural.

A título de produto final, deixo uma UEPS para o ensino de ondas mecânicas que pode ser aplicada em sala de aula, como sugestão para os meus colegas que assim como eu desejam continuamente revisitar sua prática pedagógica e buscar opções para um ensino mais dinâmico em que a AS seja priorizada em detrimento à aprendizagem mecânica. Todavia, essa SD não deve ser considerada um modelo engessado a ser aplicado em sala de aula. Ao contrário, é um convite à criatividade e à reinvenção, de acordo com a necessidade e a realidade dos alunos e professores, seus valores, suas experiências e seus saberes.

Estou convencida de que o produto nunca será maior nem mais significativo do que o processo vivido, sintetizado tão bem por Paulo Freire:

Escola é...  
o lugar onde se faz amigos  
não se trata só de prédios, salas, quadros,  
programas, horários, conceitos...  
Escola é, sobretudo, gente,  
gente que trabalha, que estuda,  
que se alegra, se conhece, se estima.  
O diretor é gente,  
O coordenador é gente, o professor é gente,  
o aluno é gente,  
cada funcionário é gente.  
E a escola será cada vez melhor  
na medida em que cada um  
se comporte como colega, amigo, irmão.  
Nada de 'ilha cercada de gente por todos os lados'.  
Nada de conviver com as pessoas e depois descobrir  
que não tem amizade a ninguém,

nada de ser como o tijolo que forma a parede,  
indiferente, frio, só.  
*Importante na escola não é só estudar, não é só trabalhar,  
é também criar laços de amizade,  
é criar ambiente de camaradagem,  
é conviver, é se 'amarrar nela'!*  
*Ora, é lógico...*  
*numa escola assim vai ser fácil  
estudar, trabalhar, crescer,  
fazer amigos, educar-se,  
ser feliz.*

## 6. REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978.

BLAIDI, Sant'Ánna; et. al. **Conexões com a Física**. São Paulo: Moderna, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio - Parte III Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCNs+ - Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

CARVALHO, A. M. P.; **Ensino de ciências por investigação**: condição para implementações em sala de aula. Cengage Learning, 2013.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado da Educação. **Ensino médio**: área de ciências da natureza (currículo básico da escola estadual) – v. 2. Vitória: Sedu, 2009. 128p.

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado da Educação. **Paebes (2013)**. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA. Faculdade de Educação. CAEd, v. 1, jan./dez. 2013. Anual.

GALVÃO, C. Narrativas em educação. **Ciência e Educação**. Bauru/SP, v. 11, n. 2, maio-ago, 2005,

GINZBURG, Carlo. **Sinais, raízes de um paradigma indiciário**. In: Mitos, emblemas e sinais. São Paulo: Companhia das Letras, 1990. p. 143-179

GIORDAN, Marcelo; GUIMARÃES, Yara A.F. Guimarães; MASSI, Luciana. **Uma Análise das Abordagens Investigativas de Trabalhos Sobre sequências didáticas: tendências no ensino de ciências**. Disponível em <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0875-3.pdf>> Acesso em: 17 mar. 2014.

GRIEBELER, Adriane. **Inserção de tópicos de física quântica no ensino médio através de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa**. Porto Alegre, 2012.

MANSINI, Elcie F.S; MOREIRA, M.A. **Aprendizagem Significativa**: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos, São Paulo: Vetor. 2008.



MARSIGLIA, Regina M. G. **Orientações Básicas para a Pesquisa.** (PUCSP/FCMSCSP) <[http://www.fnepas.org.br/pdf/servico\\_social\\_saude/texto3-1.pdf](http://www.fnepas.org.br/pdf/servico_social_saude/texto3-1.pdf)> Acesso em: 02 jan.2015.

MIRANDA, Marcio S. **Objetos virtuais de aprendizagem aplicados ao ensino de física** – Uma sequência didática desenvolvidas e implementada nos conteúdos programáticos de física em turmas regulares do ensino médio de escolarização que utilizam um sistema apostilado. São Paulo, 2013.

MOREIRA, Marco A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da física;** a teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para organização do ensino de ciências, Porto Alegre: Ed. da Universidade- UFRGS, 1983.

MOREIRA, Marco A.; OSTERMANN, F. **Teorias construtivistas.** PORTO Alegre: Instituto de Física/ UFRGS, 1999. 56p. (Textos de apoio ao professor de física, v.10).

MOREIRA, Marco A. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, Chile, Vol. 7, Nº. 2, 2008, pp. 23-30.

MOREIRA, Marco A. **Mapas Conceituais e aprendizagem significativa**, São Paulo: Centauro, 2010.

MOREIRA, Marco A. **Teorias de Aprendizagem.** São Paulo: EPU, 2011.

MOREIRA, Marco. A. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. Disponível em: <[www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPS.port.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPS.port.pdf)>. Acesso em: março, 2013.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueeafinal.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2014.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **A física na formação de professores do ensino fundamental.** Porto Alegre: ed. Universidade/UFRGS, 1999. 151p.

PRAIA, J. F.; CACHAPUZ, A. F. C.; GIL-PÉREZ, D. Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. **Ciência e educação.** V. 8, n. 1, p. 127, p. 127-145, 2002.

VYGOTSKY, **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**, São Paulo: Martins Fontes, 1998.

## 7. APÊNDICE – SEQUÊNCIA DIDÁTICA

### PROPOSTA DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (UEPS) PARA ENSINO DE ONDAS MECÂNICAS

**Objetivo:** Facilitar a aquisição de significados de conceitos físicos de ondas, mais especificamente ondas mecânicas, no segundo ano do ensino médio: movimento harmônico, Amplitude, Ciclo, Frequência, Período, Comprimento de onda, Pulsos em cordas, frequência, período, velocidade, reflexão, refração, difração, interferência, ondas sonoras (Altura, timbre, intensidade sonora, velocidade do som).

#### **Situação inicial:**

**1º Aula:** Nesta etapa, após conversa informal os alunos serão solicitados a elaborarem individualmente um diagrama em que possam representar de forma esquemática tudo o que lhes vier à mente sobre ondas, externando assim livremente as suas concepções. Este diagrama deverá ser entregue ao final da atividade. Ainda nesta aula os estudantes serão solicitados a colocarem em forma de tabela “coisas que se repetem” e “tempo de repetição”, como copa por exemplo. Esta última atividade tem intenção de levantar conhecimentos prévios dos estudantes sobre ciclo, período e frequência.

#### **Questionamentos iniciais:**

**2º Aula:** deve começar com uma retomada rápida do assunto e do que foi feito na aula anterior e lançar a questão: “Afim, é o surfista que se desloca na onda ou é a onda que carrega o surfista?” A proposição deste problema conduziu-nos à questão que norteou a discussão a seguir: “As ondas do mar transportam matéria?” Na proposição da situação-problema em sala de aula os estudantes devem tentar solucioná-la, em trabalho colaborativo e sem a ajuda do professor para guiá-los. O professor neste caso deve auxiliar somente garantindo que o estudante tenha entendido a questão proposta.

Ainda nesta aula deve-se passar um filme disponível num canal de vídeos da Internet (<https://www.youtube.com/watch?v=wGmB2HHYhUE>) que trata do comportamento das torcidas nos estádios de futebol. Deve-se evidenciar o movimento das pessoas e

lançar o questionamento: “quando estamos no mar, mais um pouquinho para o fundo, antes do local onde as ondas costumam quebrar, o que nos acontece quando ela passa?”. As respostas poderão ser anotadas ou gravadas. Nesta aula também deverão ser abordados conceitos como pulso, sequência de pulsos e ondas na corda.

### **Aprofundando conhecimentos:**

Todas as atividades dessa etapa descritas entre parênteses estão em anexo.

**3º Aula e 4º aula:** Deve-se devolver aos estudantes os diagramas e os esquemas que eles fizeram na primeira aula e a partir dos registros deles, apresentar os conceitos de oscilação, ciclo, período, frequência, amplitude e comprimento de onda, com evidência às relações entre período e frequência. Ao final da aula entregar 3 exercícios para resolução (atividade 1). Iniciar a quarta aula a partir da retomada de conceitos e continuar os exercícios da atividade um ou propor novas questões (atividade 2). As atividades 1 e 2 deverão ser entregues no final das aulas.

### **Nova situação- diferenciando e integrando:**

**5º Aula, 6ª aula e 7º aula:** A fim de proporcionar o aprofundamento do conceito ou a sua retomada com maior nível de complexidade, sugere-se nestas aulas, utilizar o recurso computacional dos Objetos virtuais de Aprendizagem do PhET (Tecnologia Educacional em Física), na sala de informática, permitindo que os estudantes manipulem, em duplas ou trios, livremente e depois orientados por um roteiro (atividade 3), a interação como um experimento virtual de uma onda em uma corda esticada (wave on a string, disponível em <http://phet.colorado.edu/en/simulation/waveonastring>). Aconselha-se que essa atividade envolva socialmente os estudantes em trabalho colaborativo, com a mediação da professora, principalmente após a proposição da atividade de preenchimento do roteiro, que requer a proposição de um método para a solução de problemas com níveis crescentes de complexidade. A partir desta atividade sugere-se abordar conceitos de pulso incidente e pulso refletido, reflexão, interferência.

**8º Aula e 9º aula:** Propor atividades que estimulem a ampliação dos conceitos de amplitude, comprimento de onda e velocidade da onda, abordados, utilizando-se como problematização inicial, um vídeo de domínio público sobre tsumami

(<https://www.youtube.com/watch?v=bx1khXB4SPY>) e após a sua exibição, fazer breve exposição oral sobre o fenômeno de refração, relacionando-o à mudança de velocidade com a mudança de profundidade e/ou densidade do meio. Após discussão entregar o texto “O poder destruidor do tsunami” com suas questões propostas (atividade 4). A leitura deve ocorrer em trabalho colaborativo e a atividade deve ser devolvida ao termino da aula. Caso o tempo de aula permita, entregar questões para introdução do assunto “som” (atividade 5) e caso não seja possível, apresentar as questões no início da próxima aula.

**10º Aula e 11º aula:** Retomar os aspectos mais gerais abordados nas aulas anteriores e entregar um texto com o título “Softwares ajudam deficientes auditivos a ter percepção de ritmos” (atividade 6), discutir no grande grupo sobre o texto. Após leitura, retomar conceitos de perturbação, diferenciar ondas mecânicas de eletromagnéticas. A partir dos conceitos de frequência, velocidade e amplitude abordar os conceitos de intensidade sonora, altura e timbre, ressaltando a diferença conceitual entre eles.

**12º Aula, 13º aula e 14º aula:** Continuar a abordagem dos conceitos da aula anterior dos aspectos mais gerais para os mais específicos para altura, timbre e intensidade sonora. Sugere-se pedir a um estudante para sair da sala e outro o chamar de dentro da sala. A partir da observação, os estudantes irão constatar que o estudante que estava fora da sala conseguia ouvir o que se dizia dentro da sala. A partir desta observação deve-se desafiar os alunos a estabelecerem relações causais, a fim de elaborarem uma explicação para a situação observada, com base nos conceitos discutidos em aula. Evidenciar após a discussão a propriedade da difração do som, enfatizando o contorno do obstáculo. Solicitar aos estudantes a elaborarem um mapa conceitual com o objetivo de verificar a sistematização dos conceitos e as ligações entre eles. Na décima quarta aula, discutir sobre a sequência didática implementada, com exposição oral, retomando os aspectos gerais dos conceitos de ondas, como transporte de energia e não de matéria, necessidade ou não de meio material para propagação, perturbação, frequência, período, velocidade, refração, reflexão, interferência, difração e as relações que foram estabelecidas ao longo da aplicação da sequência didática, sempre

ouvindo os estudantes. Pedir que eles respondam novo questionário geral sobre o som (atividade 7).

**Avaliação da UEPS:**

Sugere-se que a avaliação da UEPS, seja feita de duas formas, somativa individual e através das atividades ao longo de toda sequência. A somativa individual como avaliação final desta unidade de ensino, deverá ser elaborada pelo professor de acordo com suas preferências pela abordagem teórica ou com foco em cálculos. A sugestão é que tenha 50% de peso, o que fica a critério do professor.

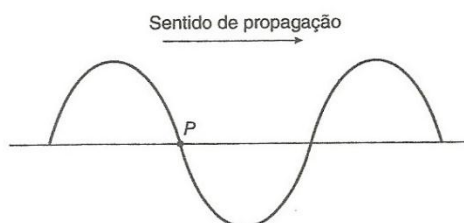
**Total de aulas:** 15 a 17 aulas de 55 minutos.

## ATIVIDADE 1:

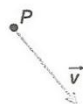
Nome: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

- 1 Um menino brinca com uma corda produzindo ondas transversais. Em um determinado instante, seu pai fotografa a brincadeira, registrando o seguinte aspecto para uma onda produzida na corda:



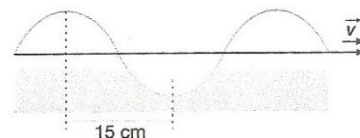
Olhando a foto, o menino aponta para o ponto  $P$  e afirma que esse ponto da corda está se deslocando na seguinte direção e sentido:



A justificativa do menino é que o ponto  $P$  está indo para um vale e a onda se propaga da esquerda para a direita.

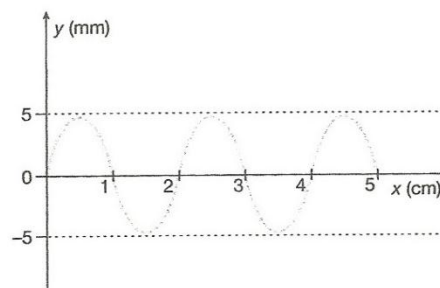
Quais são os erros na argumentação do menino e qual é o movimento correto do ponto  $P$ ? Justifique sua resposta.

- 2 Um barco que se desloca em um lago provoca ondas que assumem o seguinte aspecto.



Sabendo que a velocidade de propagação é de 10 m/s, determine seu comprimento de onda e seu período.

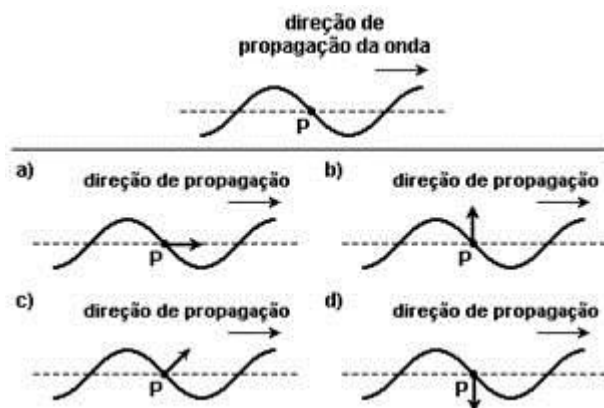
- 3 Um oscilador de frequência igual a 3.600 rpm produz ondas em uma corda, como na figura a seguir. Determine o comprimento de onda, a amplitude e a velocidade de propagação dessa onda.



## ATIVIDADE 2

Nome: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_



**01) (UFMG/2006)** Enquanto brinca, Gabriela produz uma onda transversal em uma corda esticada. Em certo instante, parte dessa corda tem a forma mostrada na figura a seguir. A direção de propagação da onda na corda também está indicada na figura. Assinale a alternativa em que estão representados CORRETAMENTE a direção e o sentido do deslocamento do ponto P da corda, no instante mostrado.

**2) (UPE/2010)** Um pulso ondulatório senoidal é produzido em uma extremidade de uma corda longa e se propaga em toda a sua extensão. A onda possui uma frequência de 50 Hz e comprimento de onda 0,5m. O tempo que a onda leva para percorrer uma distância de 10m na corda vale, em segundos:

- a) 0,2    b) 0,4    c) 0,6    d) 0,7    e) 0,9

**3) (UFRJ/2011)** Um brinquedo muito divertido é o telefone de latas. Ele é feito com duas latas abertas e um barbante que tem suas extremidades presas às bases das latas. Para utilizá-lo, é necessário que uma pessoa fale na “boca” de uma das latas e uma outra pessoa ponha seu ouvido na “boca” da outra lata, mantendo os fios esticados.

Como no caso do telefone comum, também existe um comprimento de onda máximo em que o telefone de latas transmite bem a onda sonora.

Sabendo que para um certo telefone de latas o comprimento de onda máximo é 50cm e que a velocidade do som no ar é igual a 340m/s, calcule a frequência mínima das ondas sonoras que são bem transmitidas pelo telefone.



## ATIVIDADE 3

### ATIVIDADE DE PESQUISA DA UEPS SIMULAÇÃO

Turma: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

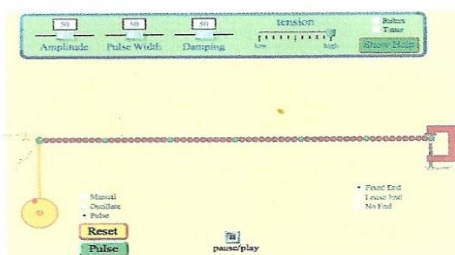
Nome: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

#### INTERAÇÃO

Abra a simulação *WAVE ON A STRING* disponível em <http://phet.colorado.edu/en/simulation/waveonstring> e “brinque” um pouco com ela até se familiarizar com os comandos e as possibilidades.

1. Selecione a opção *pulse* e resolva as questões a seguir:

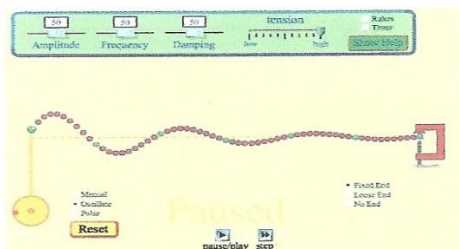


1.1: como medir a velocidade de propagação de um pulso que se propaga na mola esticada? Proponha um método e execute-o. Que resposta você obteve? Informe quais valores você escolheu para amplitude, *pulse width*, *damping* e *tension*.

1.2: estabeleça uma relação qualitativa entre a velocidade de propagação do pulso e as variáveis amplitude, *damping* (amortecimento) e *tension* (tração), isto é, escreva o que acontece com a velocidade de propagação a medida que altera o valor da amplitude (mas mantém constante os demais). Realize o mesmo procedimento para *damping* e *tension*.

1.3: Caracterize um pulso refletido (velocidade e amplitude) de forma comparativa ao pulso incidente quando a extremidade da mola for fixa e quando a extremidade da mola estiver solta. Se achar necessário, faça desenhos.

2. Selecione a opção *oscilate* e resolva as questões a seguir:



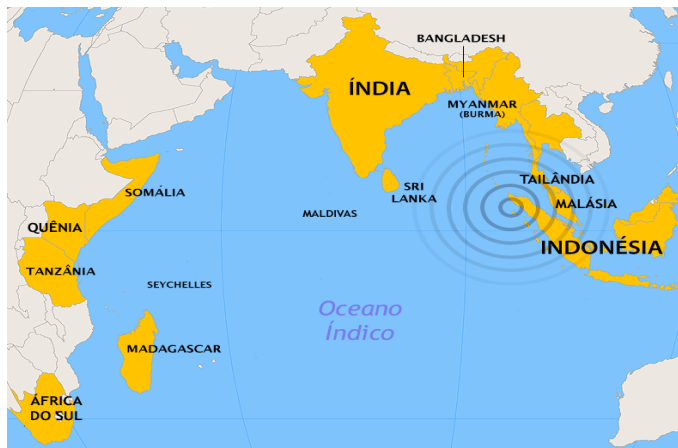
- Coloque a frequência em 30 e meça os diferentes comprimentos de onda para amplitude iguais a 40, 60, 80 e 100. Mantenha *damping* em 50.
- Coloque a frequência em 60 e meça os diferentes comprimentos de onda para amplitude iguais a 40, 60, 80 e 100. Mantenha *damping* em 50.
- Coloque a frequência em 90 e meça os diferentes comprimentos de onda para amplitude iguais a 40, 60, 80 e 100. Mantenha *damping* em 50.



## ATIVIDADE 4

### O PODER DESTRUIDOR DO TSUNAMI

Fonte: Adaptado de Santos, Marcus Lacerda. “Tsunami que onda é essa?” São Paulo, Sociedade Brasileira de Física, A Física na Escola, n 2, out.2005



Fonte:  
[http://pt.wikipedia.org/wiki/Sismo\\_e\\_tsunami\\_do\\_Oceano\\_%C3%8Dndico\\_de\\_2004#mediaviewer/File:Terremoto\\_do\\_Oceano\\_%C3%8Dndico\\_2004\\_-\\_Pa%C3%ADses\\_Afetados.png](http://pt.wikipedia.org/wiki/Sismo_e_tsunami_do_Oceano_%C3%8Dndico_de_2004#mediaviewer/File:Terremoto_do_Oceano_%C3%8Dndico_2004_-_Pa%C3%ADses_Afetados.png)

No dia 26 de dezembro de 2004 chamaram a atenção do mundo pela devastação e o número extraordinário de vidas humanas perdidas, superior a 280 mil, segundo recontagem recente.

Tal desastre também despertou interesse para o fenômeno tsunami. “O termo, formado pela junção das palavras japonesas para onda” - tsu - e “porto” - nami, descreve uma série de ondas marítimas geradas por qualquer distúrbio brusco que cause um deslocamento vertical em larga escala da água dos oceanos. A maior parte dos tsunamis é gerada por maremotos, como no caso focalizado aqui. Mas tsunamis também podem ser causadas por erupções vulcânicas, deslizamentos de terra e impactos de meteoros.

De fato, foi o que ocorreu no terremoto de magnitude 9,1 na escala Richter do dia 26 de dezembro de 2004, com epicentro ao largo da ilha de Sumatra, na Indonésia. Medidas e modelos computacionais demonstraram que a Placa Indiana deslizou cerca de 20 m sob a Placa da Birmânia, a energia liberada pelo abalo sísmico equivale a algo como 21.000 bombas de Hiroshima.

A 9000 m de profundidade no Oceano Índico, a Placa Indiana deslocou-se sob a Placa da Birmânia. O movimento provocou uma súbita elevação de 15 m no leito do oceano em uma extensão de milhares de quilômetros quadrados, fazendo com que regiões habitadas fossem varridas do mapa, demonstrando o poder devastador e a energia que o movimento ondulatório possa carregar.

Vemos, pois, que quanto mais profunda a água, mais veloz é a onda. De fato, substituindo os valores reportados para a velocidade do tsunami, de 800 km/h (ou 220 m/s), obtemos a profundidade correspondente de 5000 m, consistente com o valor médio para o Oceano Índico.

O que acontece quando o tsunami se aproxima da costa? Ao penetrar em águas mais rasas, prevê uma diminuição da velocidade de propagação. Esse efeito, contudo, é mais pronunciado na base da onda, o que desencadeia um movimento do fluido em direção ao topo, que tende a tomar dianteira em relação à base. É o mecanismo usual de

arrebentação de uma onda na praia. Apesar do desnível das regiões costeiras, pessoas que estavam em embarcações relativamente próximas ao epicentro do terremoto, disseram que não perceberam a passagem da onda. Isso foi possível porque próximo ao epicentro a velocidade era em torno de 700 a 800km/h e em águas profundas essa onda pode atingir no máximo 1m de altura. Um navio de grande porte não perceberia sua passagem.

A diferença, no caso do tsunami, é sua grande velocidade (na retaguarda, e agora também no topo) e volume d'água. Em muitos casos, dependendo do solo marinho na costa, essa corrente ascendente funciona como um poderoso aspirador, o que explica a tendência de recuo da água do mar numa praia prestes a ser atingida por um tsunami.

### **Exercícios**

- 1- Qual nome do fenômeno ocorrido e quais grandezas físicas de uma onda são alteradas quando ela se aproxima da zona de arrebentação, próxima à praia?
- 2- Ao se aproximar da costa, um tsunami passa por um barco ancorado com velocidade de 100km/h e amplitude de 10m. Se essa onda tem comprimento de 1km, quanto tempo demora para passar pelo barco?

## ATIVIDADE 5

### Produção, propagação e percepção do som no dia-a-dia

- 1) De que maneira besouros e mosquitos produzem seus sons característicos?
- 2) Além de escutarmos o som (sentido da audição), podemos percebê-lo de alguma outra maneira?
- 3) Por que para uma mesma nota musical, podem existir sons diferentes?
- 4) No oceano aberto, uma baleia pode comunicar-se com outra baleia, a centenas de quilômetros?
- 5) Uma pessoa, numa estação ferroviária, deseja saber se o trem se aproxima. Ela ficará sabendo mais rapidamente se ficar de pé, em silêncio, ou se encostar os ouvidos nos trilhos?
- 6) Se estivermos submersos numa piscina, podemos escutar o grito de alguém fora dela?
- 7) O raio e o trovão são produzidos no mesmo instante. Então, por que é costume dizer que depois do raio vem o trovão?

## ATIVIDADE 6

O texto abaixo foi autorizado para fins acadêmicos e está disponível em:

<<http://www1.folha.uol.com.br/equilibrioesaude/2009/07/599737-sofwares-ajudam-deficientes-auditivos-a-ter-percepcao-de-ritmo.shtml>>. Acesso: 29/07/2014.

### **Para quem não ouve**

Softwares ajudam deficientes auditivos a ter percepção de ritmo, característica importante para diversas habilidades, como falar, andar e se socializar

**JULIANA CALDERARI**

COLABORAÇÃO PARA A FOLHA

O mundo se move em ritmo: é o que acontece com a lua, as marés, a rotação da Terra e também com as pessoas. Pensar, andar, falar e até se abaixar para pegar um lápis são movimentos ritmados. "Todas as nossas ações são rítmicas", diz Teumaris Buono Luiz, professora de educação física da Unicamp (Universidade Estadual de Campinas).

Foi apostando nisso que ela criou, em parceria com a UFPR (Universidade Federal do Paraná), dois softwares inéditos que ajudam deficientes auditivos a entender o que é o ritmo.

Segundo Buono, o aprendizado do ritmo acontece desde os primeiros anos de vida, quando o bebê ouve a voz da mãe e escuta cantigas de ninar. "É muito importante que haja essa estimulação. Com o surdo, isso não acontece", explica.

Por isso, os surdos têm dificuldades para aprender a falar. "Nossa fala é rítmica e pausada, e o surdo tem dificuldade em compreender como fazer isso por causa da falta de ritmo", diz Buono. A realização de tarefas cotidianas também pode ser prejudicada. "Alguns fazem tudo muito rápido."

Os dois programas criados convertem os ritmos em fenômenos visuais ou sensitivos, o que faz com que o surdo possa percebê-los, alcançando melhoras na fala, nos movimentos e na socialização.

O programa que converte os ritmos em recursos visuais é o BPM Counter. Coloca-se o número de BPM (batidas por minuto) de uma música, por exemplo, e o software traduz o ritmo em quadrados coloridos que se acendem conforme a velocidade das batidas. Perceber esse ritmo, segundo os especialistas, ajuda no aprimoramento da fala e dos movimentos.

O programa ainda não traz autonomia total ao usuário, pois exige que um ouvinte conte as BPM que o deficiente irá visualizar. Sites de download de músicas costumam especificar essa informação.

Liliane Desgualdo, fonoaudióloga da Unifesp (Universidade Federal de São Paulo), acredita que o BPM Counter possa ser uma boa ferramenta de reabilitação. "Acho que pode ser usado em outras áreas, como para trabalhar falhas no processamento auditivo."

Nesses casos, a audição funciona normalmente, mas o entendimento é comprometido por causa de uma falha no processamento neurológico, que traduz de forma errada a informação recebida pelos ouvidos. O processo fica distorcido e pode gerar dificuldades na fala e na leitura. "Durante meus trabalhos com crianças do ensino fundamental, observei que 10% tinham processamentos auditivos alterados", diz Desgualdo.

O segundo software desenvolvido pela Unicamp com a UFPR funciona com a tecnologia VPM (vibrações por minuto) e pode ser colocado em celulares. Ao chegar em um ambiente onde há som, o programa capta as vibrações e as repassa para o celular do usuário usando o modo vibratório. "O surdo poderá sentir, pela vibração do celular, o ritmo ambiente", explica. O programa pode ajudar o deficiente a participar de festas e outros eventos.

Além de ajudar a desenvolver movimentos, a fala e a leitura, o ritmo traz um sentimento de que se pertence a um grupo, explica Buono. "Em passeatas e shows, quando as pessoas cantam em grupo, isso fica claro. O mesmo acontece com o surdo, que passa a se sentir parte do grupo."

Por enquanto, o software só existe em protótipos. Já o BPM Counter pode ser acessado gratuitamente pelo endereço [www.inf.ufpr.br/imagen/bpmcounter.html](http://www.inf.ufpr.br/imagen/bpmcounter.html).

## ATIVIDADE 7

Nome: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

### **Produção, propagação e percepção do som no dia-a-dia**

- 1- Não tem aquelas abelhas pretinhas, pequenininhas, que vivem nos incomodando? Então, se elas são abelhas, por que o zunido delas é igual ao dos mosquitos?
- 2- Sábado teve uma batalha de mcs na comunidade e os caras colocaram o som muito, mas muito alto e as caixas de faziam um barulho forte. Uma pessoa que não ouve consegue perceber esse som?
- 3- Outro dia, lá no grupo da igreja, a gente estava ensaiando e eu percebi uma coisa, professora: eu tocava violão, minha amiga teclado, outro amigo bateria, outro lá tocava guitarra. Até aí tudo bem. Mas, aí eu pensei. Se estamos tocando a mesma música, todos com a mesma nota, porque tantos sons diferentes? Você sabe por que acontece isso?
- 4- No filme “Procurando Nemo” a “Dori” sabe falar “baleies”, então se ela falar nesta língua é possível que alguma baleia a centenas de quilômetros responda?
- 5- Em um filme de faroeste, um índio deseja saber se o cavalo que carrega o xerife está se aproximando, para isso é mais fácil que ele faça silêncio e continue de pé ou coloque os ouvidos no chão? Justifique.
- 6- Dois amigos estavam em um clube, um estava sentado na borda com uma máquina aquática e outro mergulhando. Se o amigo que estava mergulhando gritasse debaixo d’água o que estava fora ouviria? O contrário seria possível?
- 7- Dizem que é possível calcular a distância que um “raio caiu” contando-se o tempo entre o raio e o trovão e multiplicando pela velocidade do som, se eles acontecem no mesmo instante, isso é possível?